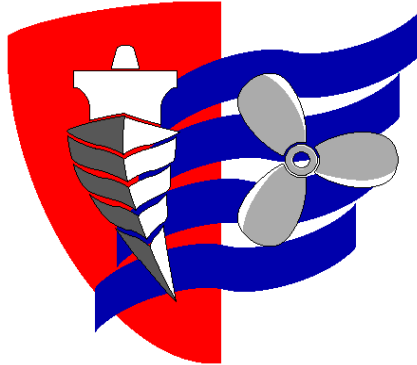


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA PLANTA DE
VAPOR PARA UN BUQUE DE
TRANSPORTE DE PRODUCTOS
DERIVADOS DEL PETRÓLEO**

Design and Analysis of steam plant for an oil carrier

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

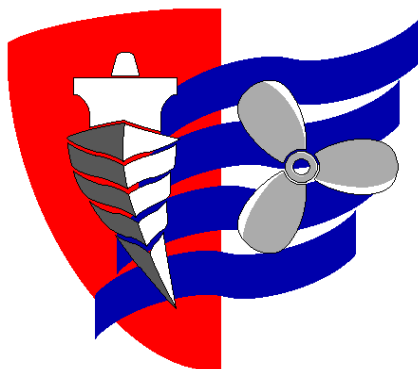
Autor: David Solana Curto

Director: Alberto Porras Diez

Junio - 2021

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA PLANTA DE
VAPOR PARA UN BUQUE DE
TRANSPORTE DE PRODUCTOS
DERIVADOS DEL PETRÓLEO**

Design and Analysis of steam plant for an oil carrier

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

Junio - 2021

Agradecimientos...

En primer lugar, agradezco a toda mi familia la oportunidad que me ha dado para llevar a cabo los estudios universitarios, concluyendo con la elaboración de este proyecto final de grado.

De la misma forma, agradezco a todos los compañeros y profesores de la ETS náutica, el compañerismo y apoyo brindado a lo largo de estos inolvidables años.

A ASTANDER, como astillero y “familia”, por todo el conocimiento técnico recibido para la correcta elaboración de este trabajo fin de grado

Por último, agradezco al Director de este trabajo su inestimable colaboración para llevar a cabo la ejecución de este proyecto.

Índice de Contenido

1.0.	OBJETIVO DEL PROYECTO.....	13
1.1.	Objeto.....	13
1.2.	Alcance y requisitos.....	14
1.3.	Justificación	15
2.0.	INTRODUCCIÓN A LAS PLANTAS DE VAPOR.....	16
2.1.	Conceptos generales: Generadores de vapor en buques de propulsión diésel.....	16
2.2.	Calderas pirotubulares: Generalidades.....	18
2.2.1.	Conceptos generales:	18
2.2.2.	Clasificación:.....	19
2.2.3.	Utilidad de las calderas pirotubulares:.....	22
2.2.4.	Esquema:	22
2.2.5.	Variables importantes en las calderas:	24
2.2.6.	Ventajas y desventajas:	24
2.2.7.	Cuadro comparativo.....	26
3.0.	ANÁLISIS DEL TIPO DE BUQUE EN EL QUE SE DESARROLLARÁ EL PROYECTO	27
3.1.	Clasificación de los buques para productos derivados del petróleo.....	27
3.2.	Buque a instalar.....	31
3.2.1.	Principales dimensiones.....	31
3.2.2.	Motor principal.....	32
4.0.	NORMATIVA	38
4.1.	Normativa Aplicable	38
4.1.1.	ASME	38
4.1.2.	Otro Tipo de Normativa Seguida.....	39
5.0.	SISTEMA DE VAPOR.....	41
5.1.	Características térmicas del motor principal	41
5.2.	Sistema de vapor para el circuito de combustible del motor principal	43
5.2.1.	Dimensionamiento de Tanques	43
5.2.2.	Temperaturas y Tiempos de Calefacción en Tanques y Sistema de Alimentación 57	
5.2.3.	Necesidades Térmicas en los Tanques	60
5.2.4.	Sistema de Alimentación de Combustible del Motor Principal	70
5.2.5.	Planta Separadora de Fuel Oil	72
5.2.6.	Planta Separadora de Aceite Lubricante	75
5.3.	Dimensionamiento de Serpentes para los Diferentes Tanques.....	77
5.4.	Sistema de Vapor para Calefacción de la Carga.....	83
5.5.	Dimensionamiento de Serpentes para la Calefacción de la Carga.....	91

5.6.	Tanque de Agua Caliente Sanitaria.	93
5.7.	Evaporador Mediante Hervido.....	96
5.8.	Sistema de Climatización.....	98
5.9.	Cuadro Resumen- Balance Térmico	102
6.0.	Calderas a Instalar, Características y Situación a Bordo	107
6.1.	Calderas a Instalar Características y Disposición a Bordo.....	107
6.2.	Caldera de Gases de Exhaustación a Utilizar, Características y Disposición a Bordo	111
7.0.	PLIEGO DE CONDICIONES.....	116
7.1.	Pliego de Condiciones Generales.	116
7.1.1.	Condiciones Generales.....	116
7.1.2.	Reglamentos y Normas	118
7.1.3.	Materiales	118
7.1.4.	Recepción del Material.....	119
7.1.5.	Organización	120
7.1.6.	Ejecución de las Obras	120
7.1.7.	Interpretación y Desarrollo del Proyecto	121
7.1.8.	Variaciones del Proyecto.....	122
7.1.9.	Obras Complementarias.....	122
7.1.10.	Modificaciones	123
7.1.11.	Obra Defectuosa	123
7.1.12.	Medios Auxiliares	123
7.1.13.	Conservación de las Obras	124
7.1.14.	Subcontratación de Obras.....	124
7.1.15.	Recepción de las Obras	124
7.1.16.	Contratación de Astillero	125
7.1.17.	Contrato	125
7.1.18.	Responsabilidades.....	125
7.1.19.	Rescisión de Contrato	126
7.2.	Pliego de Condiciones Económicas.	126
7.2.1.	Mediciones y Valoraciones de las Obras.....	126
7.2.2.	Abono de las Ofertas	127
7.2.3.	Precios	127
7.2.4.	Revisión de precios.....	127
7.2.5.	Precios contradictorios.....	128
7.2.6.	Penalizaciones por Retrasos.....	128
7.2.7.	Liquidación en Caso de Rescisión del Contrato.....	128
7.2.8.	Fianza.....	129

7.2.9.	Gastos Diversos por Cuenta del Astillero	129
7.2.10.	Conservación de las Obras Durante el Plazo de Garantía.....	130
7.2.11.	Medidas de Seguridad	130
7.2.12.	Responsabilidad por Daños	130
7.2.13.	Demoras.....	131
7.3.	Pliego de Condiciones Económicas.	132
7.3.1.	Normas a Seguir	132
7.3.2.	Personal.....	132
7.3.3.	Condiciones de los Materiales Empleados.....	132
7.3.4.	Admisión y Retirada de Materiales	133
7.3.5.	Reconocimientos y Ensayos Previos.....	133
7.4.	Pliego de Condiciones Técnicas.	133
7.4.1.	Aceptación y Rechazo de los Materiales e Instalación	133
7.4.2.	Diseño e Instalación de las Tuberías.....	134
7.4.3.	Vigilancia, Pruebas y Ensayos	135
8.	Presupuesto	137
8.1.	Presupuesto de la Oficina Técnica	137
8.2.	Presupuesto de Materiales, Equipos & oOtros	138
8.2.1.	Material Base	138
8.2.2.	Material Diverso	138
8.2.3.	Equipos	138
8.2.4.	Otros Conceptos.....	139
8.3.	Presupuesto de Fabricación & Montaje.....	140
8.3.1.	Mano de Obra	140
8.3.2.	Maquinaria	140
9.0.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141

Índice de Tablas

Tabla 1: Pérdidas a través de cerramientos en tanques almacén	64
Tabla 2: Pérdidas a través de cerramientos en tanques almacén	65
Tabla 3: Pérdidas a través de cerramientos en tanque de sedimentación	66
Tabla 4: Pérdidas a través de cerramientos en tanque de servicio diario	67
Tabla 5: Pérdidas a través de cerramientos en tanque de servicio diario	68
Tabla 6: Resumen de pérdidas en tanques	70
Tabla 7: Resumen medidas de los serpentines	83
Tabla 8: Pérdidas a través de cerramientos en tanque de carga	85
Tabla 9: Pérdidas a través de cerramientos en tanque de carga	87
Tabla 10: Pérdidas a través de cerramientos en tanque de carga	88
Tabla 11: Pérdidas a través de cerramientos en tanque de carga	90
Tabla 12: Otros presupuestos	139
Tabla 13: Resumen prefabricación & montaje.....	140

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Sistema de recuperación del calor de los gases de escape.....	16
Ilustración 2: Caldera acuotubular antes de su instalación / dimensiones	21
Ilustración 3: Caldera pirotubular / componentes.....	23
Ilustración 4: Caldera acuotubular / dimensiones	25
Ilustración 5: Cuadro comparativo.....	26
Ilustración 6: Jahre Viking / Petrolero más grande del mundo.....	30
Ilustración 7: Esquema- Resumen / clasificación de los petroleros.....	31
Ilustración 8: Motor principal.....	32
Ilustración 9: Motor principal / tamaño y pesos.....	33
Ilustración 10: Motor principal / tamaño y pesos.....	33
Ilustración 11: Motor principal / tamaño y pesos (DATOS)	34
Ilustración 12: Motor principal / características principales (DATOS)	35
Ilustración 13: Motor principal / características principales (DATOS)	36
Ilustración 14: Motor principal / características principales (DATOS)	37
Ilustración 15: Tanques servicio diario / vista estribor (alzado)	44
Ilustración 16: Tanques servicio diario / vista superior (planta).....	45
Ilustración 17: Tanque sedimentación / vista estribor (alzado).....	46
Ilustración 18: Tanque sedimentación / vista superior (planta)	46
Ilustración 19: Tanques de almacenamiento / disposición geométrica	48
Ilustración 20: Tanques de almacenamiento / vista estribor (alzado).....	49
Ilustración 21: Tanques de almacenamiento / vista superior (planta)	49
Ilustración 22: Tanques de reboses y derrames/ vista estribor (alzado)	50
Ilustración 23: Tanques de reboses y derrames / vista superior (planta).....	51
Ilustración 24: Tanque de lodos / vista estribor (alzado).....	52
Ilustración 25: Tanque de lodos/ vista superior (planta)	53
Ilustración 26: Tanque de aguas aceitosas / vista estribor (alzado)	54
Ilustración 27: Tanque de aguas aceitosas / vista superior (planta).....	54
Ilustración 28: Colector de retornos / vista estribor (alzado)	55
Ilustración 29: Colector de retornos / vista superior (planta)	56
Ilustración 30: Tanque de aceite lubricante/ vista estribor (alzado)	57
Ilustración 31: Tanque de aceite lubricante / vista superior (planta).....	57
Ilustración 32: Explicación Términos.....	61
Ilustración 33: Representación esquemática tanques almacén Foto vista de popa a proa, siendo babor la zona de los tanques 1&3.....	62
Ilustración 34: Denominación cara en tanques	63
Ilustración 35: Esquema sistema de alimentación motor principal	71
Ilustración 36: Esquema planta depuradora en paralelo.....	72
Ilustración 37: Fotografía depuradora Alfa Laval SA 836.....	74
Ilustración 38: Disposición a bordo de la planta separadora de fuel.....	74
Ilustración 39: Disposición a bordo de la planta separadora aceite lubricante.....	76
Ilustración 40: Disposición tanques de carga (Planta)	84
Ilustración 41: Disposición tanques de carga (Alzado, zona de estribor)	84
Ilustración 42: Disposición tanques de carga (Planta)	89
Ilustración 43: Disposición tanques de carga (Alzado, zona de estribor)	89
Ilustración 44: Disposición tanque agua caliente sanitaria.....	94
Ilustración 45: Disposición evaporador mediante hervido	96
Ilustración 46: esquema sistema de climatización.....	98
Ilustración 47: Situación a bordo	101
Ilustración 48: Caldera a utilizar/ características	108

Ilustración 49: Caldera a utilizar/ medidas principales	108
Ilustración 50: Caldera a utilizar/ medidas principales (II).....	109
Ilustración 51: Caldera a utilizar/ Disposición a bordo (cubierta tanques de carga)	109
Ilustración 52: Caldera a utilizar/ Disposición a bordo (cubierta principal).....	110
Ilustración 53: Caldera a utilizar/ Disposición a bordo (vista alzada/ estribor)	110
Ilustración 54: Caldera a utilizar/ Gases de escape/ características básicas.....	111
Ilustración 55: Caldera a utilizar/ Gases de escape/ esquema	112
Ilustración 56: Caldera a utilizar/ Gases de escape/ Situación a bordo.	112
Ilustración 57: Presupuesto oficina técnica	137

RESUMEN

La idea principal de este proyecto es desarrollar el diseño y cálculo de una planta de vapor para buques que transporten productos derivados del petróleo.

La producción de vapor en un buque es uno de los elementos más importantes para que la nave tenga unas cualidades / parámetros de funcionamiento óptimos. A día de hoy, existen numerosos buques que no pueden ocupar el 100% de su capacidad de carga debido a instalaciones incorrectas de su sistema de vapor, principalmente, por consumos muy elevados en los tanques de carga (Hablando siempre de calefacción en los tanques)

Unido al punto anterior, a lo largo de este trabajo también tendremos en cuenta otros factores de consumo como pueden ser: Motor principal, agua caliente sanitaria etc...

ABSTRACT

The main aim of this project is to develop the design and calculation of a steam plant for ships carrying petroleum products.

Steam production on a ship is one of the most important elements for the ship to have optimal operating qualities/parameters.

Nowadays, there are numerous ships that cannot carry 100% of their cargo capacity due to incorrect installations of their steam system, mainly due to very high consumption in cargo tanks (always talking about heating in tanks)

Having said that, during this project we will also take into account other consumption factors such as main engine, sanitary hot water etc...



PALABRAS CLAVE

Caldera; Combustible; Planta de vapor; Pérdidas; Rendimiento; Normativa; Tanques; Serpentes; Vapor; Diseño; Motor principal; Capacidad; Calidad del agua; Lodos; Derivados del petróleo; Gases; Exaltación; Energía; Cubierta;

KEYWORDS

Boiler; Fuel Oil; Steam Plant; Leaks; Performance; Rules; Tanks; Heating coils; Steam; design; Main Engine; Capacity; Water Quality; Mud; Petroleum; Gases; Exhaust; Energy; Deck.

1.0. OBJETIVO DEL PROYECTO

1.1. Objeto

El objeto de este trabajo fin de grado es diseñar la instalación de una planta de vapor para un buque destinado a trabajos de transporte de productos derivados del petróleo. Se parte de la condición de obra nueva, del MV AMAMSAIC a construir en astilleros de Santander “ASTANDER” con una previsión de construcción para el año 2025.

Para la elaboración de este trabajo, se ha seguido la norma UNE 157001 “Elaboración de proyectos de ingeniería “..., además, se han tomado como referencia base numerosos petroleros de características similares, para llevar a cabo un estudio, diseño y dimensionamiento de la forma más concreta, concisa y acertada posible.

Además, con este proyecto se pretende entregar una serie de estudios, cálculos, planos... que sirvan para la instalación completa de esta planta de vapor y que, a su vez, se puedan utilizar como base en instalaciones de un carácter similar.

La idea principal y base de todo el proyecto es proyectar la planta de vapor del buque, de forma que dicho buque pueda autoabastecerse tanto en navegación, como en puerto. Sofocando la demanda de los servicios de la habilitación, agua sanitaria, calefacción... así como los servicios propios del buque: calefacción de tanques, gasto de vapor en la sala de máquinas etc...

Para llevar a cabo este objetivo, haremos un balance térmico general del buque, para así poder elegir la caldera o calderas que más se adapten a nuestras necesidades térmicas, así como el dimensionamiento de serpentines en tanques de fuel para consumo, tanques de carga etc..

1.2. Alcance y requisitos

Cuando empezamos a diseñar y proyectar la planta de vapor, nos encontramos una serie de requisitos iniciales o limitaciones estudiadas previamente, las cuales definen a grandes rasgos el alcance de nuestra obra. A continuación, se exponen una serie de requisitos iniciales los cuales han sido dados por parámetros de diseño o consultados en manuales de instalaciones similares a la que vamos a proyectar:

- + El motor principal, el cual ya viene dado por el diseño del buque es un WÄRSILÄ 18v32e a 720 rpm con 7290 Kw (MCR)

- + Combustible a utilizar, siguiendo las especificaciones del motor, HFO 600 cSt (50°)

- + El combustible dispone de doble casco en las zonas de carga, pero no en la de tanques para consumo propio.

- + Condiciones ambientales extremas: agua 2,5 °C / aire - 8°C.

- + La instalación a proyectar dispondrá de 2 calderas auxiliares y de una caldera de gases de exhaustación, todas ellas producirán vapor saturado seco a 7 kgf / cm² y se además, se dispondrá de un tanque atmosférico para la recogida de condensados.

- + Los tanques de carga, los cuales se verán más adelante se indican en los planos, tienen una capacidad global de 9446 m³ y disponen de serpentines de calefacción para calentar la carga desde los 30°C a los 90°C en 35 horas.

- + La carga son productos con una densidad media de 0,94 kg/l y calor específico de 0,44 kcal/kg°C. La velocidad del vapor en los serpentines no debe ser inferior a 22 m/s.

- + Se dispondrá de un generador de agua dulce mediante hervido con un vacío del 95% y una producción de 22 ton/día que funciona con vapor.

- + La habitación se climatiza mediante aire caliente, que se calienta a partir de vapor. Considérese una temperatura exterior del aire atmosférico de - 8°C y una temperatura media en la habitación de 21°C. También se obtiene mediante vapor de agua el agua caliente sanitaria.

- + Los tanques de combustible pesado se dispondrán con una capacidad suficiente para una autonomía del buque de 13.000 millas.

+ No se hará ninguna referencia a los sistemas auxiliares de vapor, pues consideremos que los tanques de alimentación de los mismos son independientes a los del motor principal, y se calcularán en función de la caldera que instalemos a bordo.

+ El estudio y dimensionamiento entre la planta de vapor y los equipos de vapor no es competencia de este proyecto (Tuberías intermedias)

+ No son competencia de proyecto las obras de acero tanto estructura como armamento.

+ Tampoco será objetivo en este proyecto los tratamientos superficiales; Tales como pintura, proceso de galvanizado u otros.

Una vez conocido el alcance, las limitaciones y requisitos de nuestro proyecto, tenemos las pautas iniciales para poder comenzar con los diferentes cálculos.

1.3. Justificación

La elaboración de este proyecto queda justificada por diferentes experiencias de mi etapa laboral.

Desde su construcción, todos los buques, cual sea el tipo, se diseñan para ir a un 100% de su capacidad de carga. Es cada vez más común encontrar buques dedicados al transporte de productos derivados del petróleo con deficiencias en su sistema de vapor, ya sea por un mal dimensionamiento de la planta o por un mal mantenimiento del sistema.

Este hecho, el cual he encontrado en diversas ocasiones parar este tipo de buques ha sido el impulso necesario para llevar a cabo el estudio en profundidad de este proyecto.

2.0. INTRODUCCIÓN A LAS PLANTAS DE VAPOR

2.1. Conceptos generales: Generadores de vapor en buques de propulsión diésel.

La caldera es el elemento más importante en el desarrollo de la planta de vapor. Por ese motivo estudiaremos las nociones básicas, así como conceptos y problemas más genéricos de las mismas.

Las plantas generadoras de vapor a bordo de buques con propulsión diésel se caracterizan por tratar de cubrir sus necesidades energéticas a partir del calor sensible de los gases de escape del motor principal, y, cuando esto no es posible, complementarlo quemando combustible.

En la figura 1 se representan las cinco soluciones más comunes:

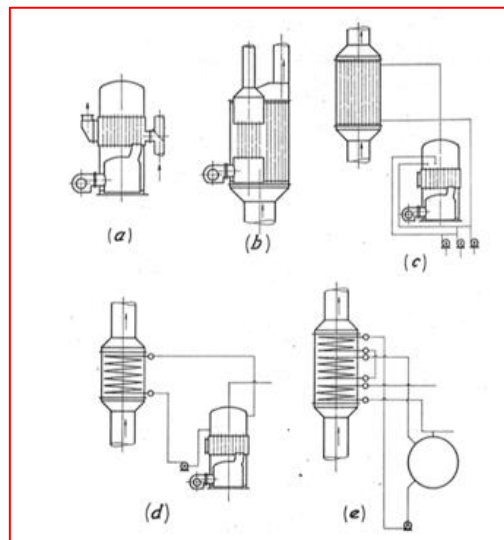


Ilustración 1: Sistema de recuperación del calor de los gases de escape

Fuente: [5]

En la mayoría de los buques de carga, las necesidades de vapor se cubren mediante la recuperación del calor sensible de los gases de escape del motor. Las soluciones usuales corresponden a las opciones a, b y c de la figura 1, que tiene la circulación natural.

Cuando las necesidades de vapor son mínimas, una caldera mixta, solución a es suficiente. En este caso el haz se calienta durante los periodos de navegación con los gases de escape del motor y en puerto mediante un quemador. Probablemente sea la solución más económica, pero tiene el inconveniente no

permite el calentamiento simultáneo con ambas fuentes de calor.

La solución b corresponde a una caldera compuesta, en ella las superficies de calefacción para los gases de escape del motor y la de los gases de la combustión de la propia caldera son distintos, pudiéndose combinar simultáneamente todas las posibilidades de calefacción que ofrece.

Para necesidades de calefacción comprendidas entre 1 t/h y 4 t/h es la solución óptima desde el punto de vista económico porque cubre prácticamente todas las necesidades de vapor durante la navegación aprovechando únicamente los gases de escape del motor; en puerto o en las puntas de demanda utiliza los quemadores.

La solución c representa una mayor seguridad de suministro, por la redundancia que supone la doble caldera. Tiene un mayor coste inicial y de mantenimiento.

Al incrementarse las necesidades de vapor durante la navegación se hace necesario recurrir a la circulación forzada, soluciones d y e.

La opción e se aplicaría básicamente a los petroleros, en ella se dispone de un economizador y un sobrecalentador para conseguir una recuperación máxima del calor sensible. El economizador se aparta del economizador convencional ya que hace circular agua subenfriada en vez de agua de alimentación. La razón es que cuando desaparece la demanda de vapor, en una caldera clásica, los fuegos se apagan y el regulador de agua corta la alimentación de agua al economizador, mientras que en caso del esquema e, al cesar la demanda de vapor, el economizador se quedaría sin circulación de agua interior mientras los gases de escape continúan calentándolo, esto haría que se formase una bolsa de vapor en su interior con el agua estancada. Cuando volviese a surgir la demanda se abriría de nuevo la válvula del regulador del agua de alimentación, disminuyendo bruscamente la presión en el economizador, con formación adicional de vapor, dando lugar a un régimen transitorio con inestabilidades y choques térmicos.

Cuando se desea una recuperación máxima del calor sensible aparece una limitación en la temperatura de funcionamiento para no alcanzar el punto de rocío de los ácidos derivados del azufre (sulfúrico, sulfhídrico, sulfuroso, etc.), que surgen como consecuencia del contenido de azufre de los combustibles y que salen con los humos, dicha temperatura, será importante tenerla en cuenta para

nuestros posteriores cálculos.

Como resumen, podemos constatar que los esquemas de circulación forzada se basan, por tanto, en una alimentación directa al calderín de la caldera de quemadores, circulando agua extraída de la parte inferior del mismo y a una temperatura variable, según la demanda de vapor. Circula, por tanto, una mezcla de agua saturada y agua fría de alimentación.

Como ya hemos comentado con anterioridad, probablemente sean los petroleros los buques que más demandan el vapor, ya que lo necesitan para distintas funciones específicas, como pueden ser la calefacción de la carga, la descarga y limpieza de tanques.

Esto les exige una planta generadora de vapor de cierta importancia, aunque su propulsión principal sea diésel.

2.2. Calderas pirotubulares: Generalidades

A continuación, vamos a conocer de forma general el tipo de caldera que utilizaremos a bordo, así como sus principales características, problemas y parámetros más importantes. Es conveniente recordar, que, según los requisitos iniciales, instalaremos 2 calderas principales (serán idénticas) y una caldera de gases de exhaustación. En este apartado, hablaremos concretamente de las 2 calderas principales. La caldera para gases de escape se mencionará y estudiará más adelante.

Debido a las características técnicas, demanda de vapor, presiones de trabajo y mantenimiento, las calderas a utilizar en el buque serán pirotubulares, las cuales comenzaremos a explicar a continuación.

2.2.1. Conceptos generales:

Las Calderas son instalaciones industriales que, aplicando el calor de un combustible sólido, líquido o gaseoso, vaporizan el agua para aplicaciones en la industria, en nuestro caso, en un buque,

Una Caldera es un dispositivo cuya función principal es producir vapor a una presión mayor que la atmosférica. El vapor es generado por la absorción de calor

producido de la combustión del combustible.

Se conoce como caldera de vapor a aquella unidad en la cual se puede cambiar el estado del fluido de trabajo (agua) de líquido a vapor de agua, en un proceso a presión constante y controlada, mediante la transferencia de calor de un combustible que es quemado en una cámara conocida como "hogar". En algunos casos se puede llevar hasta un estado de vapor sobrecalentado.

2.2.2. Clasificación:

Las Normas UNE 9002 y 9003 presentan los diversos criterios de clasificación para las calderas de vapor y las calderas de agua sobrecalentada, respectivamente. En dichas normas, atendiendo a la disposición de los fluidos, se clasifican las calderas mencionadas en:

- a) Calderas de tubos de agua (acuotubulares)
- b) Calderas de tubos de humo (pirotubulares)

Pero el término “disposición” puede entenderse también en el sentido de disposición de los tubos de la caldera; entonces se tendrán los tipos siguientes:

- a) Calderas de tubos horizontales
- b) Calderas de tubos inclinados
- c) Calderas de tubos verticales

Si se atiende a la disposición del hogar respecto a la caldera, se tiene:

- a) Calderas de hogar interior
- b) Calderas de hogar exterior

La Norma UNE 9002 “Calderas de vapor. Clasificación”, cuando llega al criterio de clasificación, circulación de los fluidos, establece los siguientes tipos de calderas:

- a) Calderas de circulación natural
- b) Calderas de circulación asistida
- c) Calderas de circulación forzada

La mayoría de las calderas trabaja con circulación natural: el agua se mueve dentro de la caldera estableciendo una circulación libre (natural), elevándose en cuanto entra en contacto con la superficie interna caliente. En otras calderas se recurre a la circulación forzada, que consiste en incorporar un sistema para forzar

“totalmente” al fluido de operación a circular a través de la caldera. Finalmente, hay otras calderas en las que se aplica una recirculación parcial controlada del fluido de operación. Otros criterios de clasificación adoptados en las normas UNE 9002 y 9003, relativas, respectivamente, a calderas de vapor y calderas de agua sobrecalentada son:

Según la transmisión de calor:

- a) Calderas de convección
- b) Calderas de radiación
- c) Calderas de radiación y convección

Según el combustible utilizado:

- a) Calderas de carbón (parrilla mecánica o carbón pulverizado)
- b) Calderas de combustibles líquidos
- c) Calderas de combustibles gaseosos
- d) Calderas para combustibles especiales (licor negro, bagazo, desperdicios de maderas, combustibles vegetales, etc.)
- e) Calderas de recuperación de calor de gases (con o sin combustible adicional)

Según el tiro:

- a) Calderas de hogar presurizado
- b) Calderas de hogar equilibrado

Según su ubicación:

- a) Calderas a la intemperie
- b) Calderas protegidas contra intemperie

Según su operación:

- a) Calderas automáticas / manuales
- b) Calderas semiautomáticas (automáticas de encendido manual)

Según su implantación:

- a) Calderas terrestres

b) Calderas marinas (Ver figura 2)



Ilustración 2: Caldera acuotubular antes de su instalación / dimensiones

Fuente: [5]

Según la presión de trabajo:

- a) Calderas subcríticas: de baja presión: $p \leq 20 \text{ Kgf/cm}^2$ de media presión: $20 \leq p \leq 64 \text{ Kgf/cm}^2$ de alta presión: $p \geq 64 \text{ Kgf/cm}^2$
- b) Calderas supercríticas

Según su sistema de vaporización:

- a) Calderas de vaporización lenta
- b) Calderas de vaporización rápida

2.2.3. Utilidad de las calderas pirotubulares:

Las calderas pirotubulares son idóneas para todos aquellos procesos industriales en los que se requieran altas presiones de vapor, grandes producciones de vapor o ambas condiciones a la vez. Condiciones estas, las cuales reúnen los principios esenciales para aplicarlas al buque el cual vamos a proyectar.

2.2.4. Esquema:

En la siguiente figura (Figura 3) podemos observar el esquema de una caldera pirotubular y sus diferentes partes,

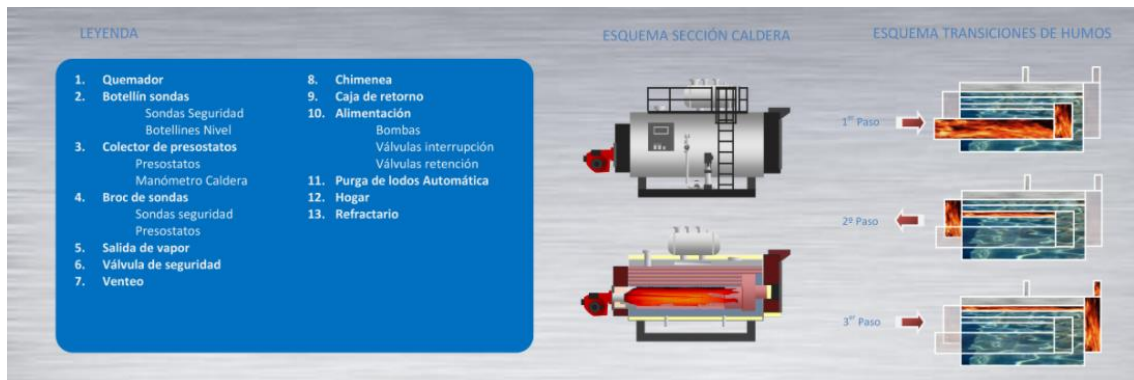
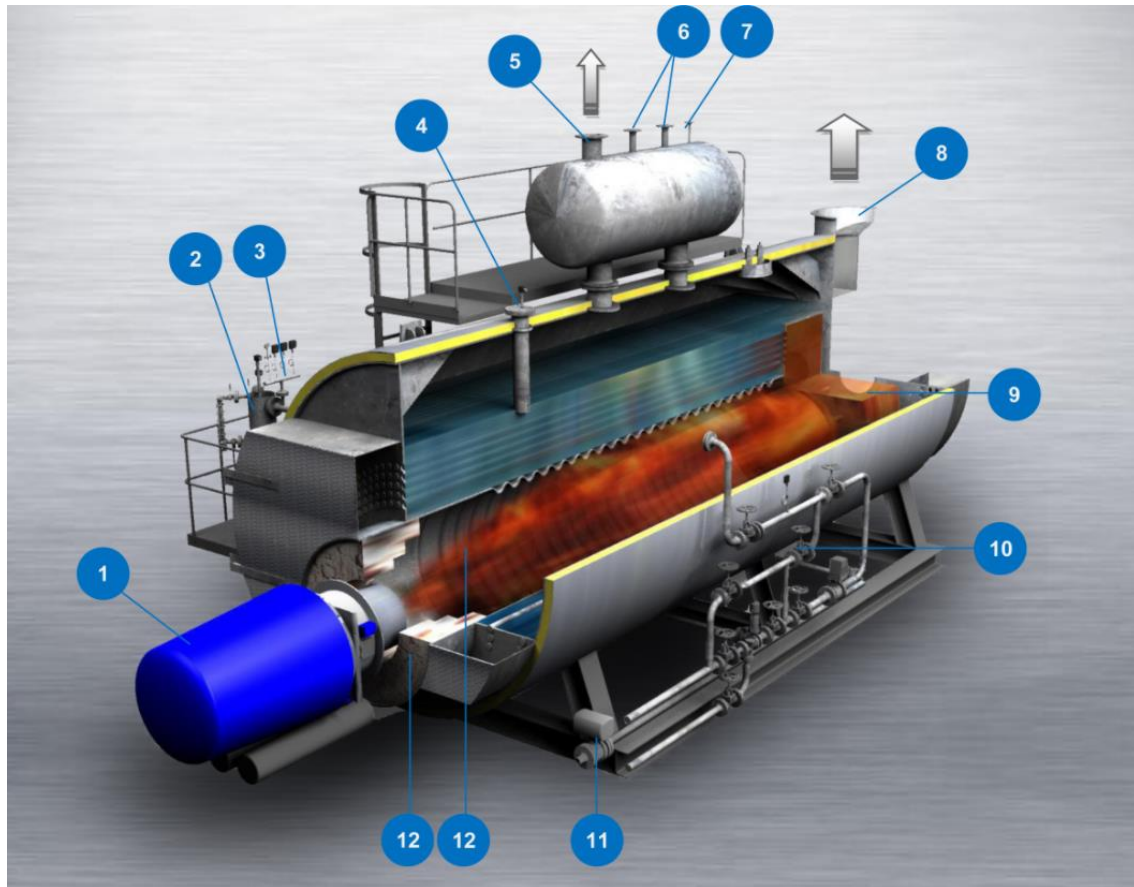


Ilustración 3: Caldera pirotubular / componentes

Fuente: [2]

2.2.5. Variables importantes en las calderas:

A continuación, se mencionan las variables más importantes a la hora de operar con una caldera, con el fin de obtener el mejor trabajo y por lo tanto rendimiento del elemento:

- Agua de alimentación, vapor producido, vapor de atomización y purga
- Temperatura (°C) / presión (kg/cm²) / Flujo (tonv/h)
- Densidad Relativa
- Poder(es) calorífico(s) superior(es) (kJ/kg)
- Capacidad(es) calorífica(s) (kJ/kg°C)
- Composición (% en mol y % en peso)
- Gases de Combustión
- Contenido de oxígeno (% en volumen)
- Contenido de bióxido de carbono (% en volumen)
- Contenido de monóxido de carbono (ppm)

2.2.6. Ventajas y desventajas:

Dentro de las principales ventajas del uso de este tipo de calderas, podemos destacar:

- Más económicas que las acuotubulares
- Se construyen para bajos y altos flujos de vapor
- No requiere costes elevados de tratamiento de agua, aunque su rendimiento puede mejorar en un 10% en función de la calidad del mismo.
- Altas eficiencias de funcionamiento
- Facilidad de mantenimiento
- Bajos porcentajes de paradas.



Ilustración 4: Caldera acuotubular / dimensiones

Fuente: [5]

Así mismo, dentro de las desventajas más importantes, encontramos:

- Elevado peso por su cantidad de agua en el interior
- Puesta en servicio lenta
- No son adecuadas para altas presiones
- Baja potencia de producción, por eso se combinan con calderas de gases de escape.

2.2.7. Cuadro comparativo

Criterios	Calderas Pirotubulares	Calderas Acuotubulares
Calidad del agua	Menores exigencias, posible funcionamiento con salinidad del agua	Mayores exigencias, es necesario un bajo nivel de salinidad para su funcionamiento
Mantenimiento	fácil de limpiar	Más costoso
Revisiones periódicas	Inspección ordinaria, seguida de una prueba hidrostática, raramente son necesarias otras pruebas de carácter no destructivo, como por ej. as mediciones con ultrasonidos, en caso contrario se efectúan en zonas muy reducidas	Son necesarias mediciones con ultrasonidos además de prueba hidrostática; es decir, pruebas costosas en tiempo y dinero
Costes para niveles comparables de gasto de fabricación y calidad	Menores	Mayores
Rendimiento	Mayor, de fácil mantenimiento	Menor; es más difícil realizar su mantenimiento en funcionamiento
Características de la carga parcial	Puede aprovecharse el control del quemador; cuando caiga por debajo de la carga mínima, el quemador puede apagarse sin problemas	En el caso de determinados diseños, debe limitarse la carga parcial; el quemador no puede apagarse manualmente
Contenido de agua	Mayor, debido a su diseño	Menor
Capacidad de acumulación	Debido al alto volumen de agua, no es susceptible a las fluctuaciones de presión y carga	Susceptible a las fluctuaciones de presión y carga resultantes del proceso
Plazo de entrega	Más corto	Más largo
Necesidades de espacio	Reducidas	Elevadas
Tiempo necesario para el montaje y puesta en marcha inicial	Reducido	Más prolongado

Ilustración 5: Cuadro comparativo

Fuente: [5]

3.0. ANÁLISIS DEL TIPO DE BUQUE EN EL QUE SE DESARROLLARÁ EL PROYECTO

3.1. Clasificación de los buques para productos derivados del petróleo.

Desde el punto de vista de los productos que deben transportar, podemos dividir estos buques en dos tipos principales: los buques petroleros (Crude Oil Tankers) propiamente dichos y los livianeros (Product Tankers).

Los primeros transportan petróleo crudo desde la terminal marítima del yacimiento (prácticamente su lugar de origen) hasta la propia refinería o, por razones logísticas, hasta la cabecera de un oleoducto.

También pueden transportar derivados pesados como por ejemplo el Fuel Oil, ya que existe la posibilidad de calefactar la carga, como es nuestro caso particular.

Los segundos, en su mayoría de porte, transportan básicamente productos refinados tales como naftas, gasoil, kerosenes, etc. El transporte de estos productos puede ser realizado en forma simultánea y debidamente segregados. Los buques más modernos disponen de bodegas protegidas (coating) que preservan aún más la calidad de la carga transportada.

Estos buques livianeros cuentan con la posibilidad de transportar productos “sucios” como el propio crudo o derivados pesados, aunque se debe tener muy en cuenta que para volver a transportar productos “limpios” es necesario realizar una limpieza a fondo de los tanques, lo que implicará costos y tiempo del buque inmovilizado mientras se realiza el acondicionamiento de sus bodegas. Se trata entonces de una posibilidad poco recomendable.

Realizada esta primera aproximación y desde un punto de vista general, podemos agrupar los buques petroleros según su capacidad de transporte e idoneidad para cada tráfico:

1) Coastal Tanker (Costeros)

- Se trata de buques de hasta 16.500 DWT.
- Por lo general son utilizados en trayectos costeros, cortos y/o cautivos.
- Pueden transportar petróleo crudo o derivados.

2) General Purpose Tanker (Multipropósito)

- Desde 16.500 DWT hasta 25.000 DWT.
- Operan en tráficos diversos.
- Transportan petróleo crudo o derivados.

3) Handy Size Tanker

- Se trata de módulos de 25.000 DWT hasta 30.000 DWT.
- Pueden transportar petróleo crudo o derivados.

4)Panamax

- Su tonelaje puede variar entre los 55.000 DWT hasta los 80.000 DWT. En otros términos, poseen una capacidad que oscila entre los 350.000 y los 500.000 barriles de petróleo.

• El nombre de este módulo se debe a que, originalmente, las dimensiones de estos buques, cumplían con las máximas permitidas para su tránsito por el Canal de Panamá (unos 274 m de eslora, poco más de 32 m de manga y entre 12 y 13 m de calado).

• Se trata de buques que transportan petróleo crudo, aunque también existen tráficos con cargamentos de derivados livianos (por ejemplo, Golfo Pérsico – Japón). En lo que respecta a petróleo crudo, como ejemplo de tráficos clásicos, podemos mencionar el Caribe, el mar Mediterráneo o el Norte de Europa. En el cabotaje de la Argentina es uno de los módulos utilizados usualmente para el embarque y transporte de crudo desde las terminales ubicadas en nuestra Patagonia.

5) Aframax

- Se define como un módulo de 79.999 DWT, aunque usualmente se acepta un rango entre 75.000 DWT y 120.000 DWT, es decir, de 500.000 a 800.000 barriles de petróleo.
- Sus tráficos habituales incluyen cargamentos de petróleo crudo entre puertos ubicados en áreas como el Caribe, el mar Mediterráneo o el Golfo Pérsico.

6) Suezmax

- Sus módulos van desde los 120.000 DWT hasta los 200.000 DWT. Transportan entre 900.000 y 1.200.000 barriles de petróleo crudo.
- En sus orígenes, su nombre estaba vinculado a que el modulo con su mayor carga cumplía con las máximas dimensiones permitidas para el tránsito por el Canal de Suez. Hoy en día navegan por ese canal buques de hasta 300.000 DWT.
- Su demanda se concentra en la costa Oeste de África con destino al Caribe, la costa Este de los Estados Unidos o el Norte de Europa y el Mar Negro.

7) V.L.C.C. (Very Large Crude Carrier)

- Módulos desde los 200.000 DWT hasta los 320.000 DWT. En promedio, transportan dos millones de barriles.
- Por sus dimensiones se trata de buques que operan por lo general en terminales de mar adentro.
- Entre sus tráficos habituales, de largas distancias, cargan crudo en el Golfo Árabe con destino a los Estados Unidos o puertos de la India y Asia.

8) U.L.C.C. (Ultra Large Crude Carrier)

- Sus módulos son todos aquellos cuyo porte es mayor a los 320.000 DWT (aproximadamente tres millones de barriles). Estos supertanques aparecen en el mercado a fines de los años '60 y se afirman durante los años '70. Se encuentran muy limitados para operar en aguas restringidas o poco profundas.
- Como en el caso de los V.L.C.C., son habituales los viajes largos. Sus tráficos más corrientes se realizan entre puertos del Golfo Árabe y el Golfo de los Estados Unidos; también con puertos de Asia o la costa Oeste de África.
- Como dato, podemos mencionar al “Jahre Viking”. Se trata, por sus dimensiones, del buque petrolero más grande del mundo: 564.763 DWT, 458,5 m de eslora, 68,8 m de manga y 24,6 m de calado. Puede transportar aproximadamente hasta 650.000 de crudo (unos 4,1 millones de barriles).



Ilustración 6: Jahre Viking / Petrolero más grande del mundo

Fuente: [15]

Como resumen, y una vez vistos los tipos de petroleros, podemos observar en la figura 9, un cuadro de las diferentes naves, el cual, a modo de esquema nos da una idea de las dimensiones de estos barcos de carga.

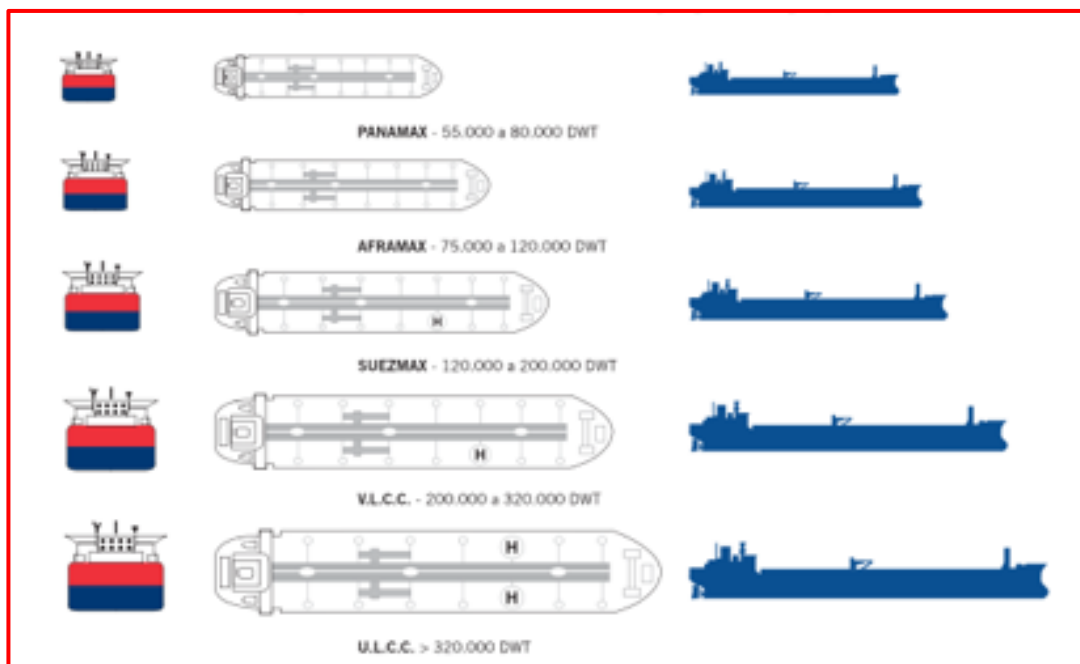


Ilustración 7: Esquema- Resumen / clasificación de los petroleros

Fuente: [15]

3.2. Buque a instalar

3.2.1. Principales dimensiones

Una vez realizada esta introducción a los buques petroleros, y una vez conocida la clase del buque que vamos a proyectar, empezaremos el estudio de las principales dimensiones del “AMAMSAIC”.

ESLORA TOTAL	177,75 m
ESLORA ENTRE PP	168,00 m
MANGA DE TRAZADO	28,00 m
PUNTAL A CUBIERTA PRINCIPAL	16,8 m
CALADO DE ESCANTILLONADO	11,00 m

PESO MUERTO	32.230 tons
VELOCIDAD DE SERVICIO	16 nudos
TRIPULACIÓN	22 personas
COMBUSTIBLE HFO 600 cSt (50° C)	

3.2.2. Motor principal

Como pauta inicial en el diseño del buque, se ha propuesto un motor principal WÄRTSILÄ, el cual reúne las siguientes características:

WÄRTSILÄ 18V32E a 720 rpm con 7.290 kW (MCR)

- **Tamaño**

A continuación, vamos a ver un esquema de las principales dimensiones y pesos del motor que vamos a instalar con el fin de conocer mejor el propulsor y poder seguir proyectando nuestra planta de vapor.



Ilustración 8: Motor principal

Fuente: [6]

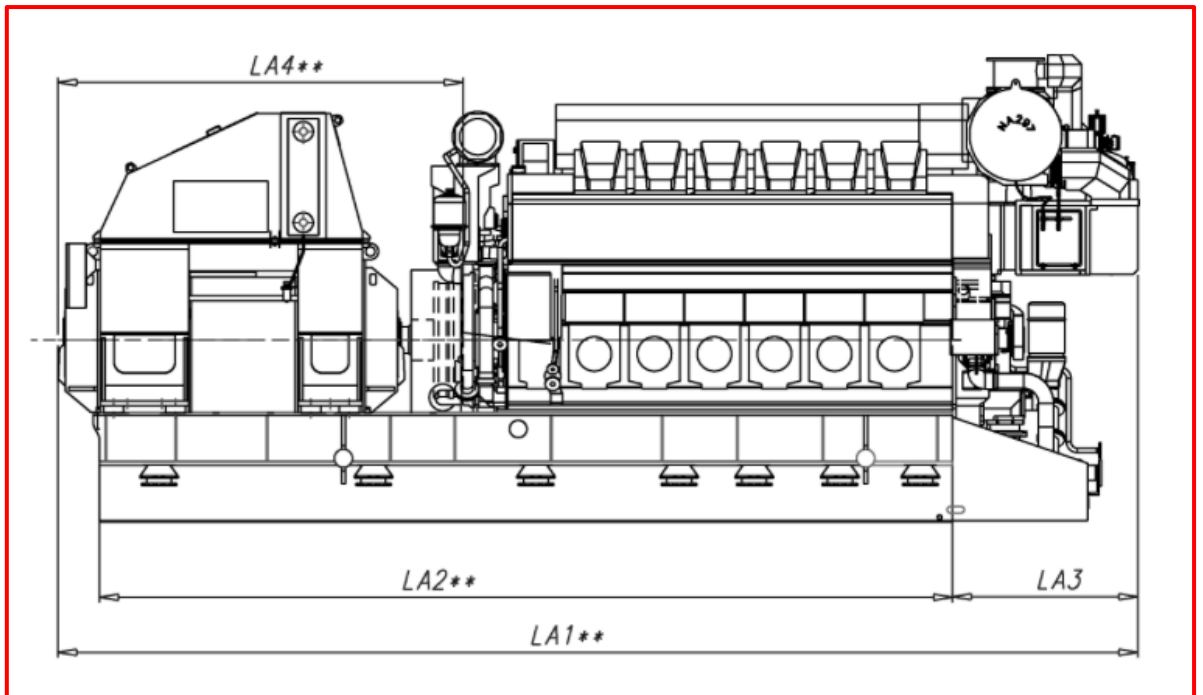


Ilustración 9: Motor principal / tamaño y pesos

Fuente: [6]

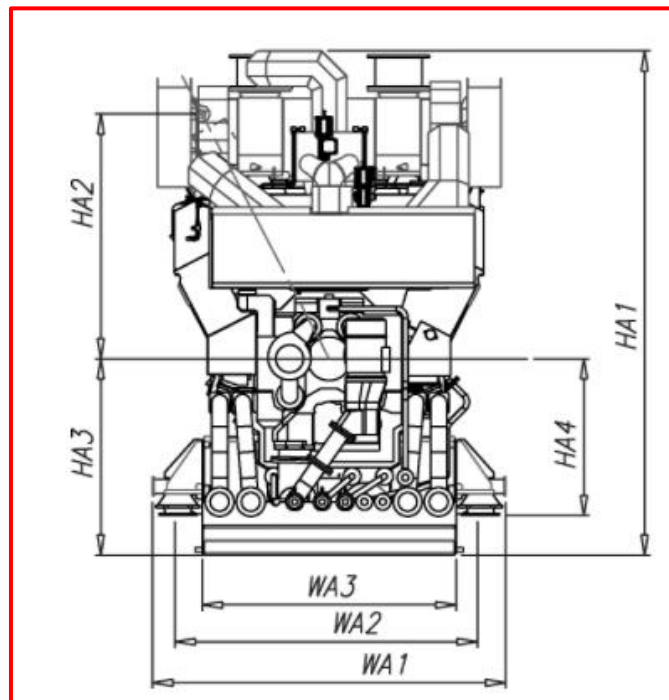


Ilustración 10: Motor principal / tamaño y pesos

Fuente: [6]

MOTOR	LA1**	LA3	LA2**	LA4**	WA1	WA2	WA3	HA4	HA3	HA2	HA1	Peso
W18V32	11825	1735	9690	3875	3360	2920	2500	1375	1850	2120	4280	133

Ilustración 11: Motor principal / tamaño y pesos (DATOS)

Fuente: Elaboración propia

Nota: Todas las medidas de longitud están en milímetros (mm). El peso está medido en toneladas (Tn) y en él se incluye el motor con los correspondientes líquidos de refrigeración y lubricación.

- Características principales

A continuación, se muestran en las diferentes tablas los parámetros básicos que utilizaremos a lo largo de nuestro proyecto, para saber más datos técnicos sobre el motor, por favor ver anexo I.

Notas para la interpretación de las tablas:

Nota 1: At ISO 3046-1 conditions (ambient air temperature 25°C, LT-water 25°C) and 100% load. Tolerance 5%.

Nota 2: At ISO 3046-1 conditions (ambient air temperature 25°C, LT-water 25°C) and 100% load. Flow tolerance 5% and temperature tolerance 10°C.

Nota 3 : At ISO 3046-1 conditions (ambient air temperature 25°C, LT-water 25°C) and 100% load. Tolerance for cooling water heat 10%, tolerance for radiation heat 30%. Fouling factors and a margin to be taken into account when dimensioning heat exchangers.

Nota 4: According to ISO 3046/1, lower calorific value 42 700 kJ/kg, with engine driven pumps (two cooling water + one lubricating oil pumps). Tolerance 5%. Load according to propeller law for mechanical propulsion engines (ME).

Nota 5: Automatic (remote or local) starting air consumption (average) per start, at 20°C for a specific long start impulse (DE/AUX: 2...3 sec, CPP/FPP: 4...6 sec) which is the shortest time required for a safe start.

Wärtsilä 18V32		DE IMO Tier 2
Engine speed	RPM	720
Cylinder output	kW/cyl	480
Engine output	kW	7290
Mean effective pressure	MPa	2.49
Combustion air system (Note 1)		
Flow at 100% load	kg/s	14.8
Temperature at turbocharger intake, max.	°C	45
Air temperature after air cooler (TE 601)	°C	55
Exhaust gas system (Note 2)		
Flow at 100% load	kg/s	15.26
Flow at 85% load	kg/s	11.94
Flow at 75% load	kg/s	10.38
Flow at 50% load	kg/s	9.45
Temperature after turbocharger, 100% load (TE 517)	°C	384
Temperature after turbocharger, 85% load (TE 517)	°C	350
Temperature after turbocharger, 75% load (TE 517)	°C	330
Temperature after turbocharger, 50% load (TE 517)	°C	354
Backpressure, max.	kPa	4.0
Calculated pipe diameter for 35m/s	mm	1014
Heat balance (Note 3)		
Jacket water, HT-circuit	kW	1423
Charge air, HT-circuit	kW	1373
Charge air, LT-circuit	kW	1091
Lubricating oil, LT-circuit	kW	1035
Radiation	kW	260

Ilustración 12: Motor principal / características principales (DATOS)

Fuente: Elaboración propia

Fuel system (Note 4)			
Pressure before injection pumps (PT 101)	kPa	700±50	700±50
Fuel flow to engine, approx.	m³/h	9.1	9.1
HFO viscosity before engine	cSt	16...24	16...24
HFO temperature before engine, max. (TE 101)	°C	140	140
MDF viscosity, min	cSt	2.0	2.0
MDF temperature before engine, max. (TE 101)	°C	45	45
Fuel consumption at 100% load	g/kWh	189	189
Fuel consumption at 85% load	g/kWh	185,8	185,8
Fuel consumption at 75% load	g/kWh	181	180
Fuel consumption at 50% load	g/kWh	191	189
Clean leak fuel quantity, MDF at 100% load	kg/h	34.6	34.6
Clean leak fuel quantity, HFO at 100% load	kg/h	6.9	6.9
Lubricating oil system			
Pressure before bearings, nom. (PT 201)	kPa	500	500
Suction ability main pump, including pipe loss, max.	kPa	40	40
Priming pressure, nom. (PT 201)	kPa	50	50
Suction ability priming pump, including pipe loss, max.	kPa	35	35
Temperature before bearings, nom. (TE 201)	°C	63	63
Temperature after engine, approx.	°C	81	81
Pump capacity (main), engine driven	m³/h	164	164
Pump capacity (main), stand-by	m³/h	150	150
Priming pump capacity, 50Hz/60Hz	m³/h	38.0 / 45.9	38.0 / 45.9
Oil volume, wet sump, nom.	m³	4.3	4.3
Oil volume in separate system oil tank, nom.	m³	12.2	12.2
Oil consumption (100% load), approx.	g/kWh	0.35	0.35
Crankcase ventilation flow rate at full load	l/min	2970	2970
Crankcase ventilation backpressure, max.	kPa	0.4	0.4
Oil volume in turning device	liters	8.5...9.5	8.5...9.5
Oil volume in speed governor	liters	1.9	1.9

Ilustración 13: Motor principal / características principales (DATOS)

Fuente: Elaboración propia

Engine speed Cylinder output	RPM kW/cyl	750 500	750 500
HT-water out from engine, nom (TE432)	°C	96	96
Capacity of engine driven pump, nom.	m³/h	160	150
Pressure drop over engine, total	kPa	150	150
Pressure drop in external system, max.	kPa	60	60
Pressure from expansion tank	kPa	70...150	70...150
Water volume in engine	m³	0.89	0.89
Low temperature cooling water system			
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 451)	kPa	250 + stat-ic	250 + stat-ic
Pressure at engine, after pump, max. (PT 451)	kPa	530	530
Temperature before engine (TE 451)	°C	25 ... 38	25 ... 38
Capacity of engine driven pump, nom.	m³/h	130	150
Pressure drop over charge air cooler	kPa	35	35
Pressure drop over oil cooler	kPa	20	20
Pressure drop in external system, max.	kPa	60	60
Pressure from expansion tank	kPa	70 ... 150	70 ... 150
Starting air system (Note 5)			
Pressure, nom.	kPa	3000	3000
Pressure at engine during start, min. (20°C)	kPa	1500	1500
Pressure, max.	kPa	3000	3000
Low pressure limit in air vessels	kPa	1800	1800
Air consumption per start	Nm³	4.0	-
Air consumption per start without propeller shaft engaged	Nm³	-	4.0
Air consumption with automatic start and slowturning	Nm³	-	-
Air consumption per start with propeller shaft engaged	Nm³	-	6.4
Air consumption with automatic start and high inertia slowturning	Nm³	-	-
Air assist consumption (for engines with 580 kW/cyl)	Nm³	2.67	2.67

Ilustración 14: Motor principal / características principales (DATOS)

Fuente: Elaboración propia

4.0. NORMATIVA

4.1. Normativa Aplicable

Cuando hablamos de la proyección de una planta de vapor nos tenemos que adecuar a diferentes normas y códigos.

En el caso de las calderas de vapor, el código empleado es el ASME, Boiler and Pressure Vessel Code (Código para calderas y Recipientes a Presión de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)

Para la regulación de los criterios de diseño y fabricación contamos con las normas TEMA (Standard of Tubular Exchangers Manufactures Association) que facilitan la interpretación y la correcta aplicación del código ASME.

4.1.1. ASME

El código ASME es un conjunto de normas, especificaciones, fórmulas de diseño y criterios basados en muchos años de experiencia, los cuales se aplican al diseño, fabricación, instalación, inspección y certificación de los equipos a estudiar, en nuestro caso, recipientes a presión.

Fue creado en EEUU. en 1907 con el fin de a reducir los siniestros. Está iniciativa fue promovida por varias compañías de seguros. Su comité está constituido por ingenieros de todas las especialidades con el fin de mantener una actualización continua del mismo.

El código ASME se encuentra estructurado de la siguiente manera:

- **Sección I: Calderas de potencia**
- **Sección II: Especificación de Materiales**
- Sección III: Recipientes para plantas Nucleares
- Sección IV: Calderas de calentamiento
- **Sección V: Pruebas no destructivas**
- Sección VI: Cuidado y mantenimiento de calderas de calentamiento
- **Sección VII: Cuidado y mantenimiento de calderas de potencia**
- Sección VIII: Recipientes a presión (DIV1 + DIV2)



- **Sección IX: Procedimientos de soldaduras**
- Sección X: Recipientes a presión de fibra de vidrio/plástico.
- Sección XI: Reglas para la inspección de sistema de enfriamiento de reactores nucleares.

En Rojo, se destacan los puntos utilizados para la elaboración de este proyecto.

4.1.2. Otro Tipo de Normativa Seguida

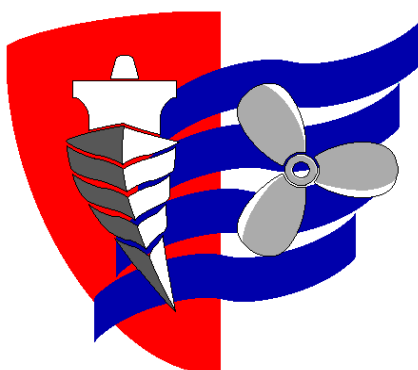
Además, para la elaboración de este proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa de aplicación actualmente en vigor:

- UNE 157001. Elaboración de proyectos de ingeniería
- UNE – EN 12952. Calderas pirotubulares
- UNE 9-001. Ámbito de aplicación de calderas.
- UNE 24042. Normativa pliego de condiciones
- UNE 24042. “Contratación de obras. Condiciones Generales”.
- DIN 2440/221 y 2441. Tubería a instalar
- Reglamento de equipos a presión e instrucciones técnicas
- Real decreto 769/1999, equipos a presión.
- Reglamento de instalaciones petrolíferas, aplicadas a buques con productos derivados de petróleo (Real Decreto 2085/1994)
- Instrucción técnica complementaria MI-IP.03 del reglamento de instalaciones petrolíferas (Real Decreto 1523/1999)

Además, debido a las características operativas de los buques, en términos de precisión y seguridad, es posible que ciertas compañías a las que da servicio el buque exijan normas más restrictivas adicionales con el objetivo de asegurar la realización de operaciones sin riesgos y de forma adecuada.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

CAPITULO II: CÁLCULOS

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO– 2021

5.0. SISTEMA DE VAPOR

5.1. Características térmicas del motor principal

Para llevar a cabo nuestro objetivo, vamos a conocer cuáles son, en un principio, nuestras demandas principales y nuestras aportaciones básicas. Para ello comenzaremos por el motor principal.

Motor principal (Gases Exhaustación)

El caudal de gases de escape que el motor principal nos proporciona es:

$$C_{gas} = 11,94 \frac{kg}{s} = 42984 \frac{kg}{h} \text{ de vapor al 85\% de MCR}$$

La temperatura de entrada a la caldera, teniendo en cuenta la distancia del motor a la misma, la tomamos como:

$$t_{ent.caldera} \approx t_{exhaustación} - 1^\circ = 350^\circ - 1^\circ \Rightarrow t_{ec} = 349^\circ C$$

NOTA: la temperatura de exhaustación la obtenemos de los datos técnicos del motor interpolando la temperatura de gases después de la turbosoplante al 85% de carga

La energía total disponible a la entrada de la caldera será:

$$E_D = C_{gas} \cdot C_{e_g} \cdot (t_{ec} - t_{sc}) \cdot \mu_c$$

$$C_{gas} = 42.984 \frac{kg_{vapor}}{h} \quad 85\% MCR$$

$$C_{e_g} = 0,25 \frac{Kcal}{kg^\circ C}$$

$$t_{ec} = 349^\circ C$$

$$\mu_c = 0,94 \rightarrow \text{rendimiento caldera (6\% debido a pérdidas)}$$

$$t_{sc} = 185^\circ C$$

$$E_D = 42.894 \cdot 0,25 \cdot (349 - 185) \cdot 0,94 = 1.656.603,36 \frac{Kcal}{h}$$

NOTA: La t_{sc} la limitamos a $185^\circ C$ para evitar la formación de SO_x ,

Esta energía disponible la utilizaremos para producir calor:

Energía disponible = Calor que se va a producir

$$1.656.603,36 \frac{Kcal}{h} = M_v (h_v - C_p T_a^\circ)$$

En nuestro caso tenemos presión a $7 \frac{kg_f}{cm^2}$ y el agua que entra a la caldera, lo hace a $60^\circ C$ aproximadamente. Con los gases de escape evaporamos el agua y obtenemos el vapor saturado seco y su temperatura de saturación. Así, el vapor tendrá que salir por encima de la temperatura de saturación para esa presión.

$$P \equiv 7 \frac{kg}{cm^2} \cdot \frac{10.000 cm^2}{1 m^2} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} = 686.000 \frac{kg}{m \cdot s^2} = 686.000 Pa = 0,686 MPa$$

En estas condiciones de presión:

$t_{sat_{0,686MPa}} = 164,12^\circ C$	$h_v = 663,01 \frac{Kcal}{kg}$	$C_p = 1 \frac{Kcal}{kg^\circ C}$	$T_{aec} = 60^\circ C$
siendo h_v la entalpía de vaporización y T_{aec} la temperatura del agua a la entrada de la			

Y por lo tanto la cantidad de vapor disponible a la salida de la caldera de gases de escape es de:

$$1.656.603,36 \frac{Kcal}{h} = M_v (h_v - C_p T_a^\circ)$$

$$M_v = \frac{1.656.603,36 \text{ Kcal/h}}{(h_v - C_p T_a^\circ)} = \frac{1.656.603,36}{(663,01 - 1 \cdot 60)} = 2742,2 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$M_v = 2.742 \frac{\text{kg}_{\text{vapor}}}{\text{h}}$$

5.2. Sistema de vapor para el circuito de combustible del motor principal

5.2.1. Dimensionamiento de Tanques

Diseñaremos los tanques para una autonomía de 13.000 millas a una velocidad de servicio de 16 nudos consumiendo combustible pesado HFO 600 cSt.

El combustible total consumido por el motor (se entiende por consumido, el considerado a la entrada del motor, es decir, el combustible ya preparado libre de lodos y agua) es de:

$$C_{T_{MP}} = 185,8 \frac{\text{gr}}{\text{KW} \cdot \text{h}} \cdot 7.290 \text{ KW} \cdot 812,5 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1.100.516,63 \text{ kg}_{\text{COMB}_{MP}}$$

Así, el combustible ya destilado que deberá haber a bordo una vez preparado

sólo para el motor principal es de $C_{T_{MP}} = 1.100,52 \text{ tons}$

TANQUES DE SERVICIO DIARIO (TSD)

En nuestro caso diseñaremos nuestro sistema de combustible con 2 tanques de servicio diario (TSD). Cada uno de ellos albergará una capacidad de 24 horas de consumo del motor principal al 100% MCR.

Debido a que en el interior de estos tanques se acumula una cierta cantidad de

lodos, los sobredimensionamos con un 10% más de la capacidad nominal para 24 horas de servicio.

$$Capacidad_{TSD} = (C_{ep100\%MCR} \cdot P_{MCR} \cdot 24h) \cdot 1,1 = (185 \cdot 7290 \cdot 24) \cdot 1,1 = 35.604.360 \text{ gr}$$

$$Capacidad_{TSD} = 35,60436 \text{ tons} \rightarrow V_{TSD} = \frac{35,60436 \text{ tons}}{0,98 \text{ ton/m}^3} = 36,337 \text{ m}^3$$

Eslora: 3,050 m

Manga: 3,500 m

Puntal: 4,000 m

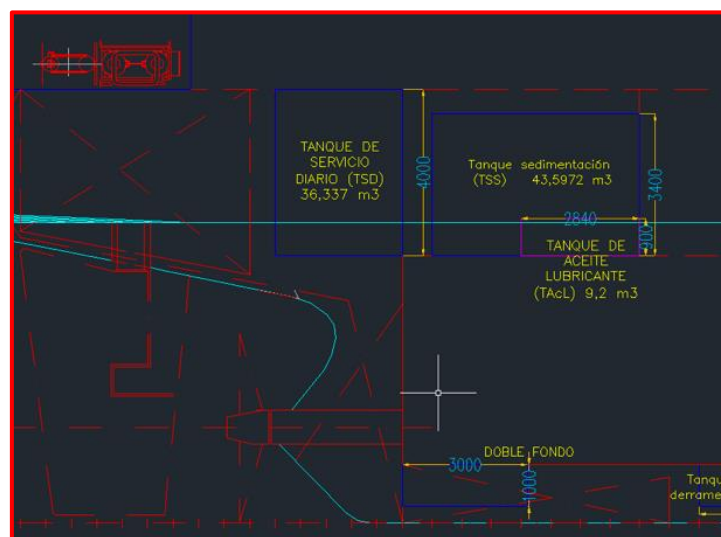


Ilustración 15: Tanques servicio diario / vista estribor (alzado)

Fuente: elaboración propia

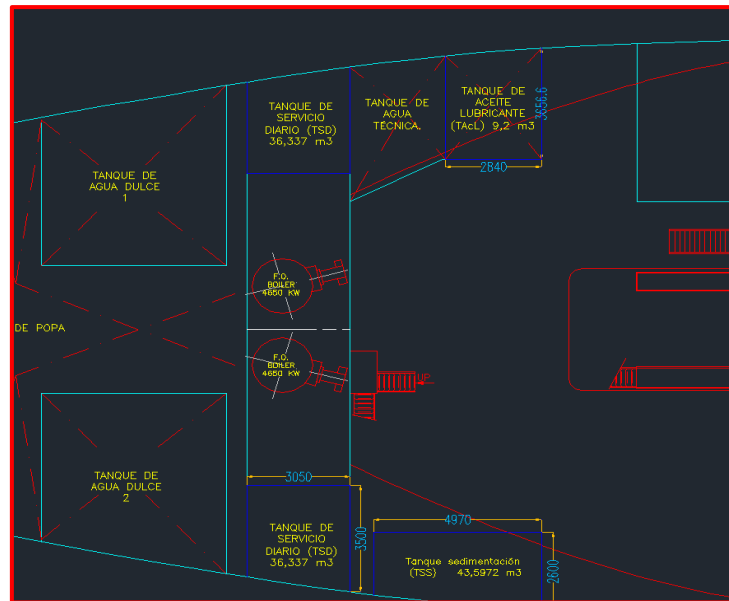


Ilustración 16: Tanques servicio diario / vista superior (planta)

Fuente: elaboración propia

TANQUE DE SEDIMENTACIÓN (TDS)

Será un solo tanque, y lo dimensionaremos para que almacene la capacidad del Tanque de Servicio Diario más un 20% de agua y lodos que eliminará por sedimentación.

$$Capacidad_{TDS} = Capacidad_{TSD} \cdot 1,2 = 35,60436 \cdot 1,2 = 42,725232 tons$$

$$Capacidad_{TDS} = 42,725232 tons \Rightarrow V_{TDS} = \frac{42,725232 tons}{0,98 ton/m^3} = 43,5972 m^3$$

Eslora: 4,970 m

Manga: 2,600 m

Puntal: 3,400 m

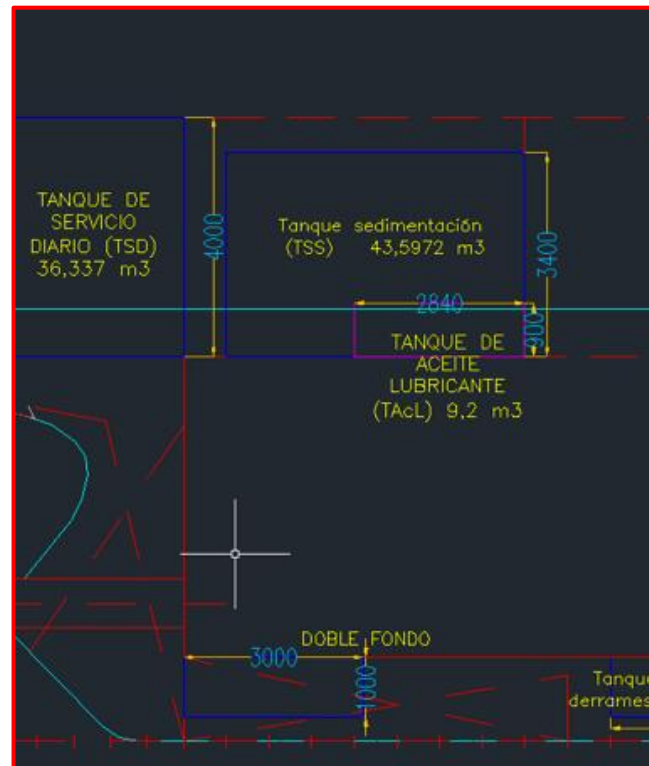


Ilustración 17: Tanque sedimentación / vista estribor (alzado)

Fuente: elaboración propia

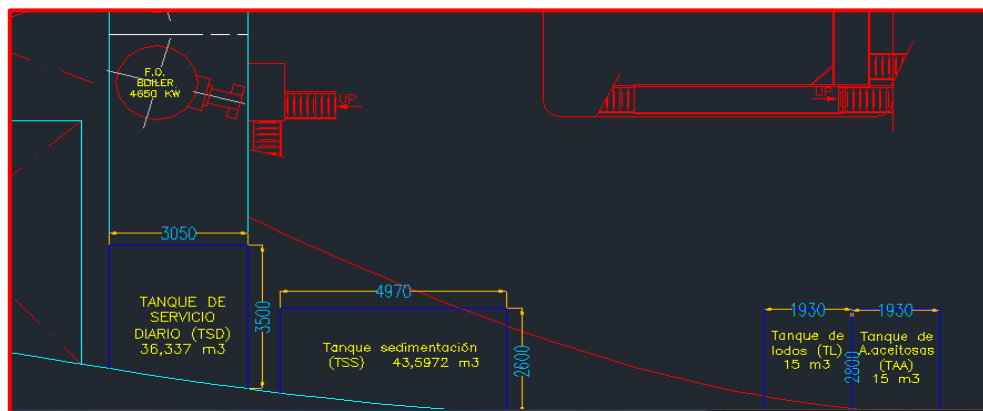


Ilustración 18: Tanque sedimentación / vista superior (planta)

Fuente: elaboración propia

TANQUES ALMACÉN (TA)

Como al tanque de sedimentación el combustible le llega directamente del tanque almacén a través de la bomba de trasiego y sin tratar (sólo a la temperatura adecuada para su bombeo), y al tanque de sedimentación hemos dicho que debido a los lodos le llega un 20% más que la capacidad del TSD (24h de consumo a 100% MCR), el tanque almacén albergará el combustible total para su autonomía más un 20%. En resumen, para el total de combustible a bordo, tendremos el combustible total correspondiente a nuestra autonomía más lo que eliminan los procesos de preparación intermedios.

Si llamamos X al combustible total a la entrada del motor que se consumirá en las 13.000 millas, obtenemos la cantidad de combustible a bordo necesaria como:

$$(X + 0,1X) + TSD \cdot 0,2 = 1,1X + 0,2(1,1X) = 1,1X + 0,22X = 1,32X$$

$$1,32X = 1,32 \cdot (1.100,516tons) = 1.452,6812tons$$

En los tanques almacén no estará toda esta cantidad de HFO puesto que parte del mismo se encontrará en el circuito de alimentación (aproximadamente un

6%), así como en los distintos tanques de servicio diario y de sedimentación. Esto es:

$$0,94X - (masaTSD1 + masaTSD2 + masaTDS) = Y \text{ tons a repartir en los TA}$$

$$Y = 1.452,68112 \cdot 0,94 - 35,60436 \cdot 2 - 42,725232 = 1251,59tons$$

Diseñaremos la instalación para 4 tanques almacén, siendo entonces la cantidad

contenida en cada tanque de:

$$\frac{Y}{4} = 312,9 \text{ Tn en cada tanque.}$$

La disposición en el espacio de dichos tanques quedará como muestra la figura a continuación:

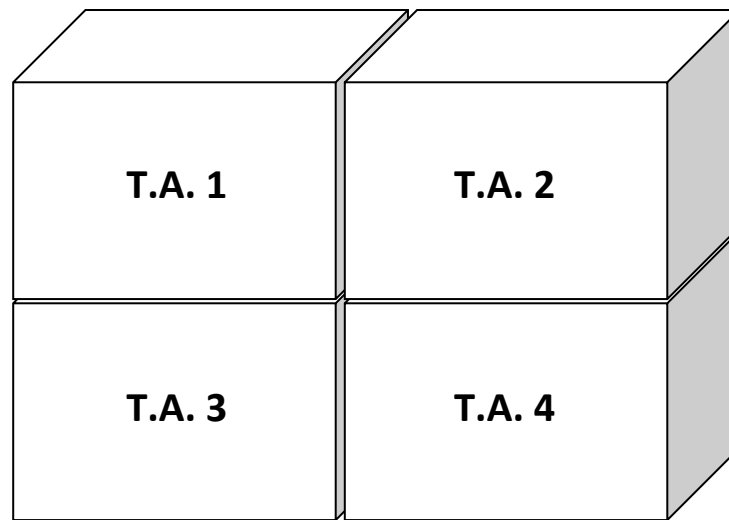


Ilustración 19: Tanques de almacenamiento / disposición geométrica

Fuente: elaboración propia

El volumen útil que cada tanque deberá tener será entonces

$$V_{\text{útil}} = \frac{312,9 \text{ tons}}{0,98 \text{ ton/m}^3} = 319,29 \text{ m}^3$$

Al volumen útil calculado debemos añadirle un 4% más de capacidad en concepto de refuerzos internos, obteniendo así el volumen final de cada uno de los 4 tanques almacén:

$$V_{TA} = 332,05 \text{ m}^3$$

Eslora: 9,200 m

Manga: 8,500 m

Puntal: 4,250 m

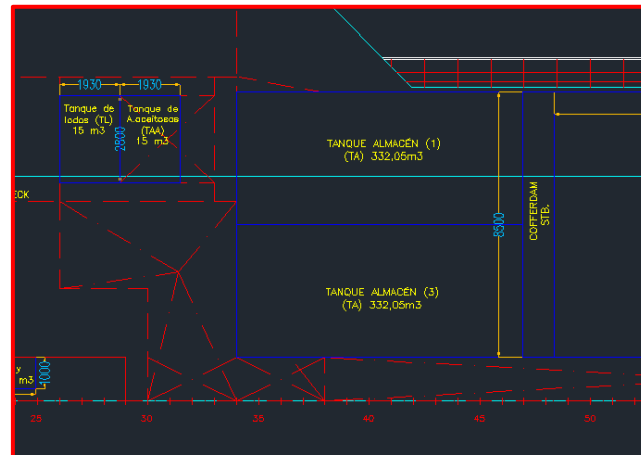


Ilustración 20: Tanques de almacenamiento / vista estribor (alzado)

Fuente: elaboración propia

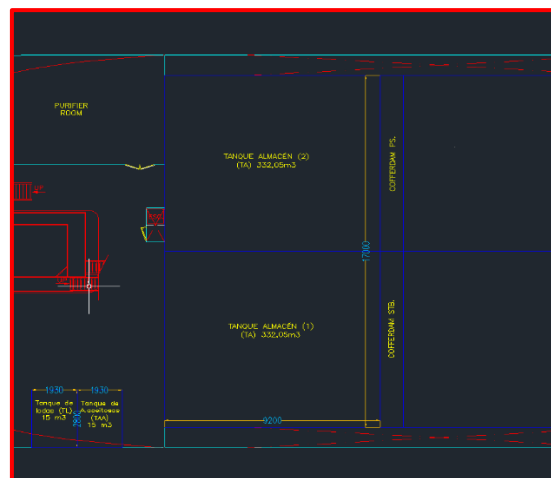


Ilustración 21: Tanques de almacenamiento / vista superior (planta)

Fuente: elaboración propia

TANQUE DE REBOSES Y DERRAMES DE COMBUSTIBLE (TRyD)

Tendrá una capacidad equivalente a 5 horas de funcionamiento a P_{MCR} . Si lo calculamos para el 100% de MCR tenemos que el volumen del tanque es:

$$V_{TRyD} = \frac{5h \cdot Ce^{gr/kW} \cdot h \cdot P_{MCR} kW}{0,98 \text{ ton/m}^3} = \frac{(5 \cdot 185 \cdot 7290) gr}{0,98 \text{ ton/m}^3} = \frac{6.743.250 gr}{0,98 \text{ ton/m}^3} \approx \frac{6,75 \text{ tons}}{0,98 \text{ ton/m}^3} \approx 6,89 m^3$$

$$V_{TRyD} \approx 6,89 m^3$$

Eslora: 3,500 m

Manga: 2,000 m

Puntal: 1,000 m

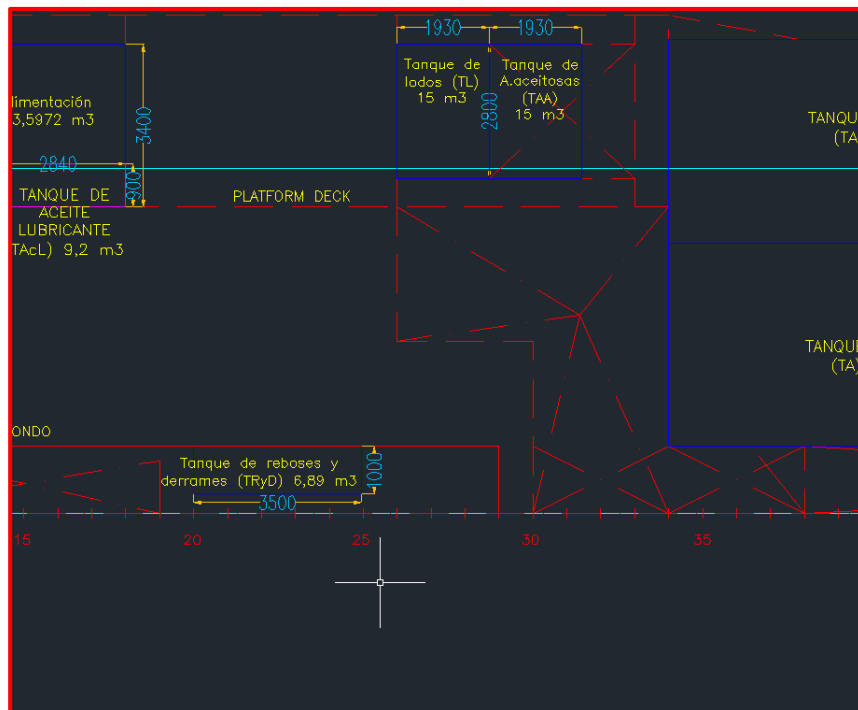


Ilustración 22: Tanques de reboses y derrames/ vista estribor (alzado)

Fuente: elaboración propia

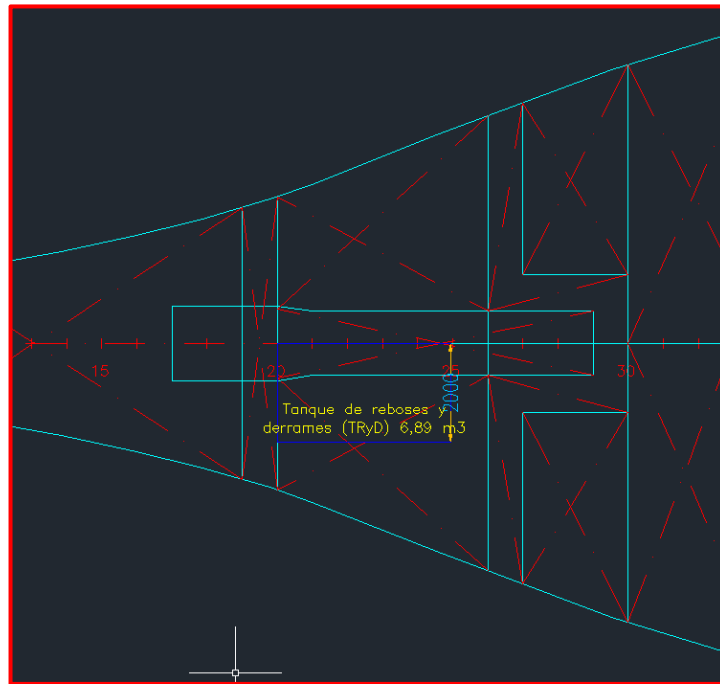


Ilustración 23: Tanques de reboses y derrames / vista superior (planta)

Fuente: elaboración propia

TANQUE DE LODOS (TL)

Consideramos que no hay incineradora a bordo, por lo tanto, el volumen del tanque será como mínimo del 40% de consumo del motor a P_{MCR} o un poco más grande. Densidad de los lodos $950 \frac{kg}{m^3}$

$$Capacidad_{TL} = Capacidad_{TSD} \cdot 0,4 = 35,60436tons \cdot 0,4 = 14,242tons$$

$$V_{TL} = \frac{14,242tons}{0,95ton/m^3} \approx 15m^3$$

Eslora: 1,930 m

Manqa: 2,800 m

Puntal: 2,800 m

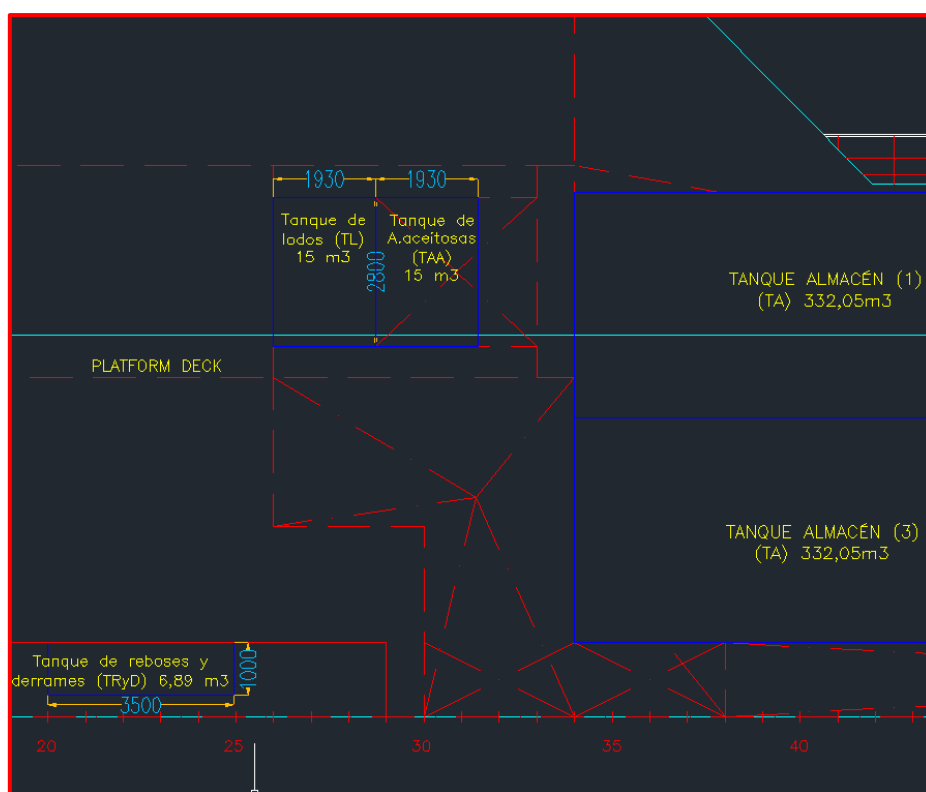


Ilustración 24: Tanque de lodos / vista estribor (alzado)

Fuente: elaboración propia

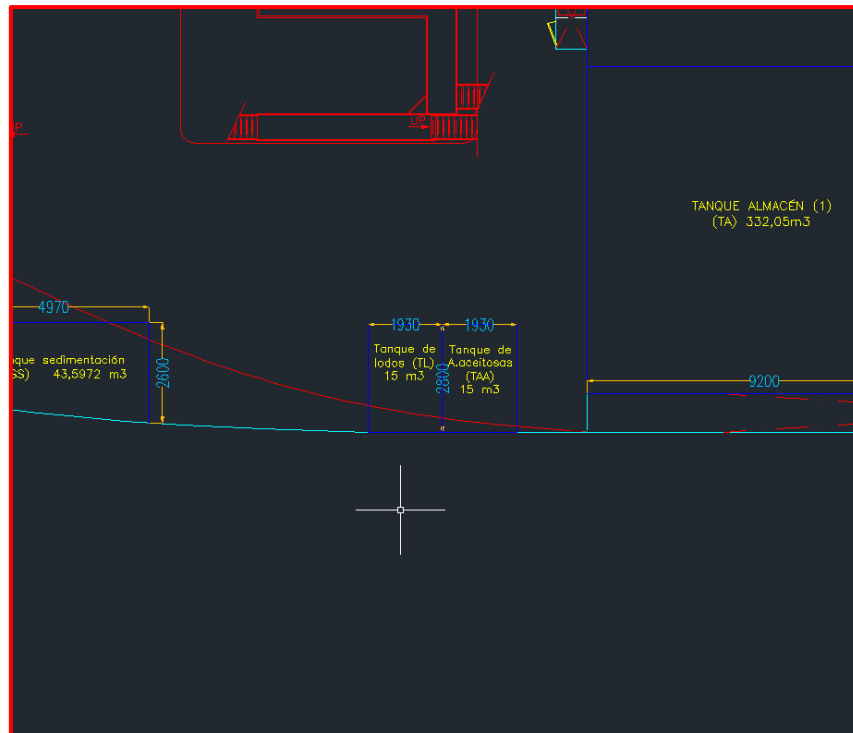


Ilustración 25: Tanque de lodos/ vista superior (planta)

Fuente: elaboración propia

TANQUE DE AGUAS ACEITOSAS (TAA)

Semejante en capacidad al tanque de lodos, como se anuncia en la especificación del motor.

$$V_{TAA} \approx 15m^3$$

Eslora: 1,930 m

Manga: 2,800 m

Puntal: 2,800 m

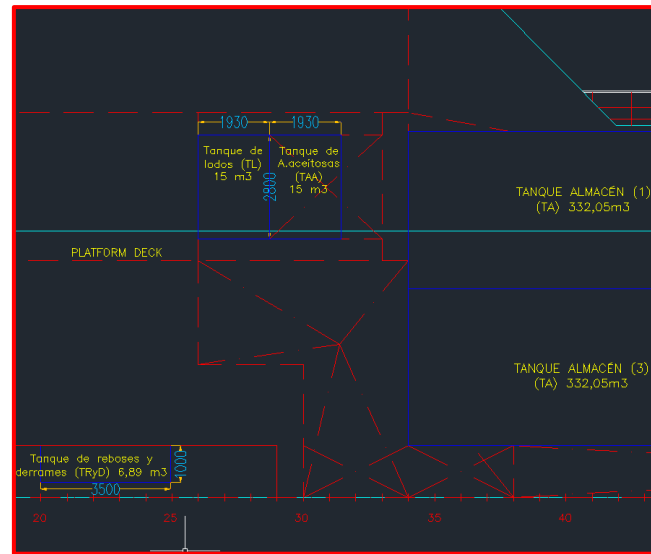


Ilustración 26: Tanque de aguas aceitosas / vista estribor (alzado)

Fuente: elaboración propia

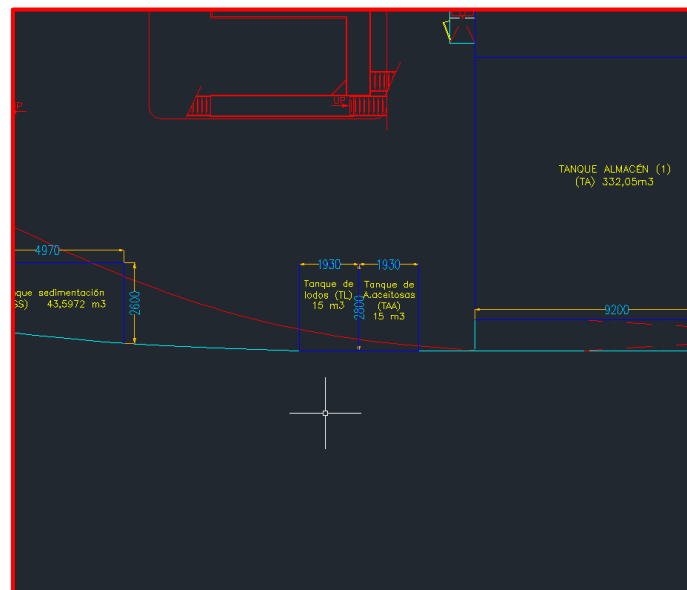


Ilustración 27: Tanque de aguas aceitosas / vista superior (planta)

Fuente: elaboración propia

COLECTOR DE RETORNOS

Tendrá una capacidad para que el motor pueda funcionar 20 minutos a P_{MCR} , siguiendo con la especificación el tanque será lo más estrecho y largo posible, para sí mejorar el rendimiento del ciclo de retorno (máxima eslora/ mínima

manga)

$$V_{TRYD} = \frac{\frac{1}{3}h \cdot 185 \frac{gr}{kW} \cdot h \cdot 7.290 kW}{0,980 \frac{kg}{m^3}} = \frac{\left(\frac{1}{3} \cdot 185 \cdot 7.290\right) gr}{980 \frac{kg}{m^3}} = \frac{449.550 gr}{980 \frac{kg}{m^3}} \approx \frac{449,55 kg}{980 \frac{kg}{m^3}} = 0,4587 m^3$$

$$V_{CR} \approx 0,46 m^3$$

Eslora: 3,000 m

Manga: 0,500 m

Puntal: 1,000 m

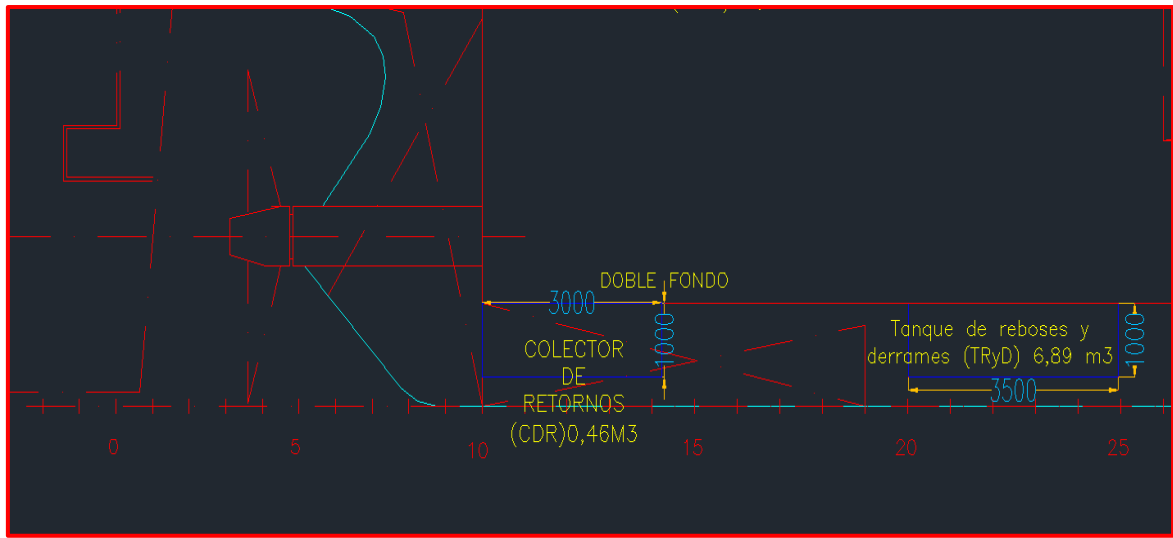


Ilustración 28: Colector de retornos / vista estribor (alzado)

Fuente: elaboración propia

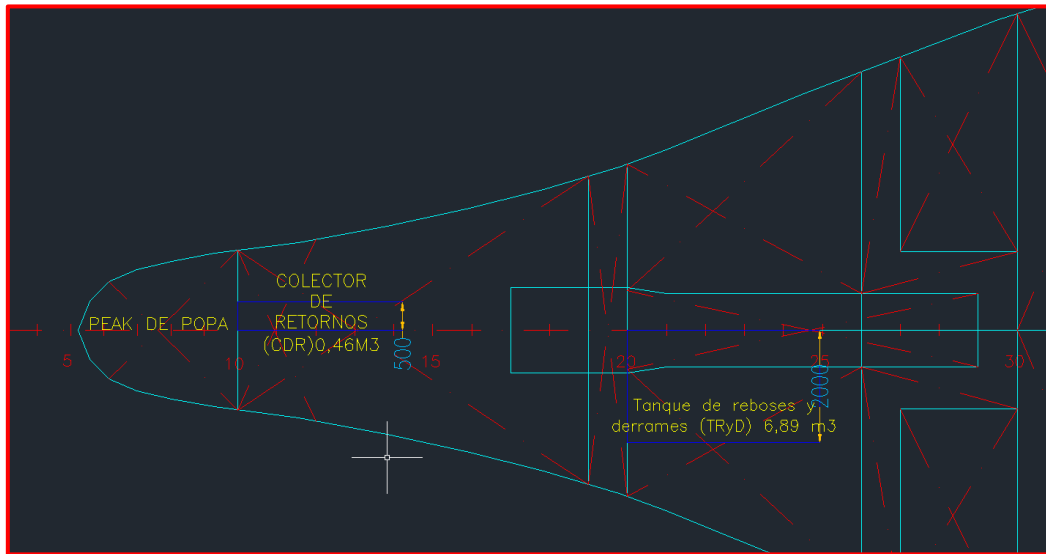


Ilustración 29: Colector de retornos / vista superior (planta)

Fuente: elaboración propia

TANQUE DE ACEITE LUBRICANTE (TAcL)

Según las especificaciones técnicas del motor, el volumen del tanque de aceite lubricante ha de tener una capacidad nominal de:

$$V_{TAcL} = 9,2 m^3$$

Eslora: 2,840 m

Manga: 3,556 m

Puntal: 0,900 m

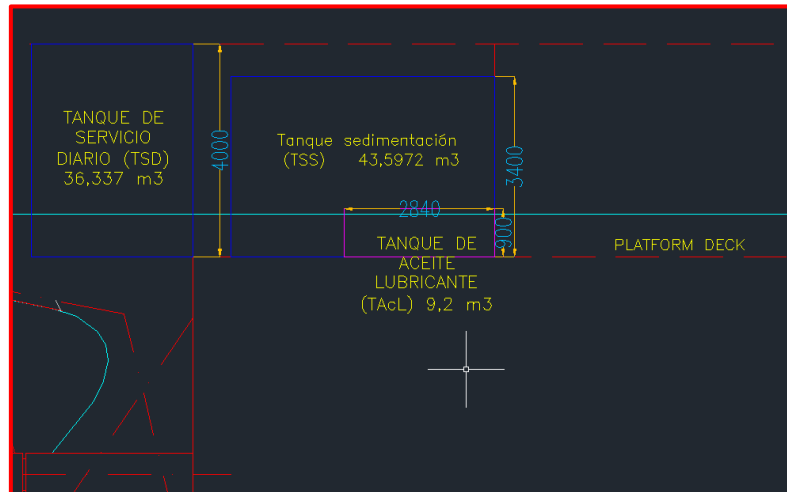


Ilustración 30: Tanque de aceite lubricante/ vista estribor (alzado)

Fuente: elaboración propia

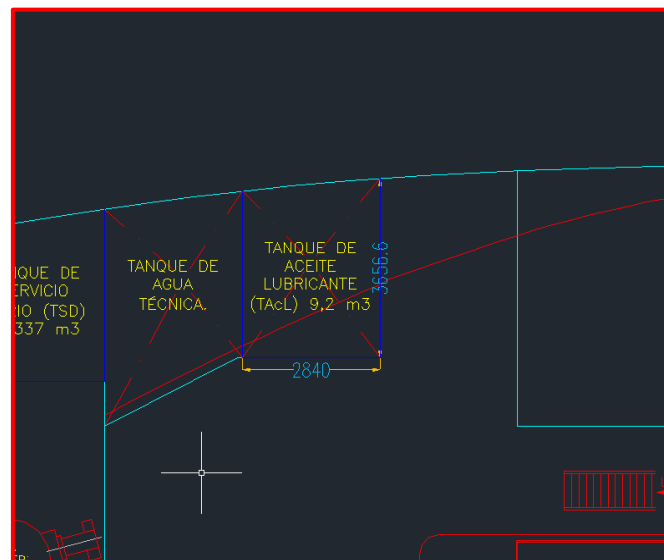


Ilustración 31: Tanque de aceite lubricante / vista superior (planta)

Fuente: elaboración propia

5.2.2. Temperaturas y Tiempos de Calefacción en Tanques y Sistema de Alimentación

TANQUE ALMACÉN

No dejaremos enfriar el fluido, estará a una temperatura de 50° C. Como límite no dejaremos que enfríe por debajo de la mitad de la temperatura a la que se introdujo a bordo. Del tanque almacén saldrá a la misma temperatura a la que entró, 50° C.



El tiempo de calefacción será entre 24 y 36 horas. Por razones técnicas y de seguridad supondremos 30 horas.

TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

Entra a la temperatura a la que sale del tanque almacén, es decir, 50°C. La temperatura de salida es de aproximadamente 70° C

El tiempo de calefacción será de 8-12 horas. Supondremos 10 horas

PLANTA DEPURADORA

Aunque por el momento no se ha mencionado, se hará en sucesivos apartados, la temperatura de entrada será la de salida del tanque de sedimentación, es decir, 70° C. La temperatura de salida de la planta será de 100° C, por razones técnicas y de especificación de la misma.

TANQUE DE SERVICIO DIARIO

La temperatura de entrada será la temperatura de salida de las depuradoras. Consideraremos que esta temperatura es aproximadamente 100° C. Suponemos una temperatura a la salida del TSD de 120° C.

TANQUE DE REBOSES Y DERRAMES DE COMBUSTIBLE

La temperatura inferior puede llegar a ser la del medio circundante, aproximadamente 20-25 °C, pues no exige necesidad de uso el material introducido en él, de cualquier forma, tiene que alcanzar la temperatura final del tanque almacén.

Tiempo de calefacción de 2 horas.

TANQUE DE LODOS

Tiempo de calefacción de 2 horas.

Temperaturas de 10°-50° C.

Densidad de los lodos $950 \frac{kg}{m^3}$ y calor específico $C_e = 0,5 \frac{Kcal}{kg^{\circ}C}$.

TANQUE DE AGUAS ACEITOSAS

Siguiendo los criterios técnicos del tratamiento de fuel, así como las especificaciones del motor principal, podemos constatar que el tanque de aguas aceitosas será semejante en capacidad, temperatura y tiempo de calefacción que el tanque de lodos.

COLECTOR DE RETORNOS

La presión del tanque de retornos será la presión atmosférica. En el colector de retorno, el serpentín calentará el combustible pesado en poco tiempo ya que éste tiene que estar listo para cuando el buque esté en disposición de navegar. Deberá alcanzar la temperatura del Tanque de Servicio Diario desde una temperatura de 20°-25° C con un tiempo de calefacción de 2 horas. Consideraremos esta temperatura como 20° C (suponiendo una condición extrema, ya que normalmente dicha temperatura es superior),

CALENTADOR DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR PRINCIPAL

La temperatura de entrada del calentador de combustible será:

$$H_2 + H_3 = H_1$$

$$(\rho \cdot C_2 \cdot Ce \cdot t_2) + (\rho \cdot C_3 \cdot Ce \cdot t_3) = (\rho \cdot C_1 \cdot Ce \cdot t_1)$$

Suponemos que ρ y Ce se mantienen constantes ya que las variaciones son pequeñas para estas temperaturas. Así:

$$t_0 = \frac{C_2 \cdot t_2 + C_3 \cdot t_3}{C_1}$$

Según las especificaciones técnicas del motor, la capacidad de la bomba de alimentación (incorporada) es de 2,2/2,9 m³/h. Tomamos como caudal de la bomba, 2,6 m³/h

$$C_1 = 2,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C_3 = \frac{Ce \cdot 10^{-3} \text{ kg/KW} \cdot h \cdot P_{MCR} \text{ KW}}{\rho \left[\text{kg/m}^3 \right]} = \frac{185 \cdot 10^{-3} \cdot 7290}{980} = 1,376 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C_2 = C_1 - C_3 = 1,224 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$t_1 = 155^\circ \text{C}$$

$$t_2 = t_1 - 10^\circ \text{C} = 145^\circ \text{C}$$

$$t_3 = 120^\circ \text{C}$$

$$t_0 = \frac{1,224 \cdot 145 + 1,376 \cdot 120}{2,6} \approx 132^\circ \text{C}$$

La temperatura de salida será de 155° C aproximadamente por ser un motor de altas RPM funcionando con HFO 600 cSt.

5.2.3. Necesidades Térmicas en los Tanques

Tendremos que aplicar un calor para elevar la temperatura de cada uno de los tanques, así como para eliminar las pérdidas del cerramiento. Así, calcularemos como:

1º) Para calcular las necesidades térmicas para elevar la temperatura del contenido, utilizaremos (q_1):

$$q_1 = \frac{V \cdot \rho \cdot Ce \cdot (t_f - t_i)}{\tau} \text{Kcal/h}$$

2º) Para las necesidades térmicas para compensar pérdidas a través del cerramiento

$$q_2 = \sum_{i=1}^n K_j \cdot S_j \cdot (T_{\text{int}} - T_j) \text{Kcal/h}$$

Siendo:

$$Q_{\text{st}} = K \cdot A \cdot (T_i - T_e)$$

Siendo:

K = Coeficiente de transmisión térmica del cerramiento ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$). Obtenido según NBE CT-79.

A = Superficie del cerramiento (m^2).

T_i = Temperatura interior de diseño del local ($^\circ\text{C}$).

T_e = Temperatura de diseño al otro lado del cerramiento ($^\circ\text{C}$).

Ilustración 32: Explicación Términos

Fuente: [6]

Comúnmente se sustituye el término “A” por “S”

3º) Por lo que podemos deducir que, la energía necesaria que los serpentines tienen que aplicar al fluido

$$q_T = q_1 + q_2 \text{Kcal/h}$$

NOTA: para los tanques de reboses y derrames, tanque de lodos y tanque de aguas aceitosas, no se calculan las pérdidas por cerramientos, ya que son productos que no van a ser utilizados para un consumo como tal, o lo que es lo mismo, es material “desechable”. Por este motivo añadiremos un 10% en concepto de cerramientos y pérdidas.

TANQUE ALMACÉN

$$q_1 = \frac{332,05 \cdot 980 \cdot 0,46 \cdot (50 - 25)}{30} \text{ Kcal/h} = 124.740 \text{ Kcal/h}$$

Los tanques almacén los dispondremos a proa de la cámara de máquinas de la forma aquí representada. Las pérdidas debidas a cerramientos calculadas para el tanque 1 serán las mismas que para el tanque 2, al igual que ocurre con los tanques 3 y 4.

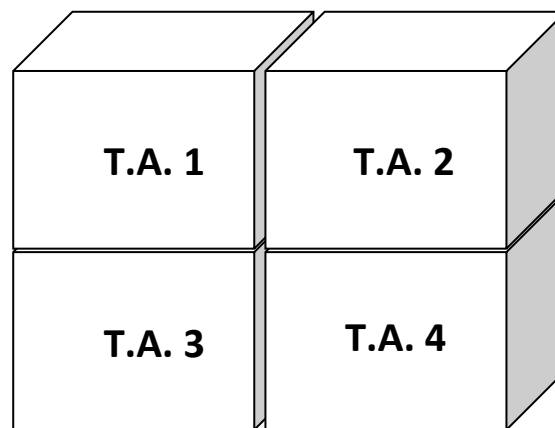


Ilustración 33: Representación esquemática tanques almacén Foto vista de popa a proa, siendo babor la zona de los tanques 1&3

Fuente: elaboración propia

Para simplificar los cálculos y utilizando la expresión anteriormente descrita, tabularemos los datos obtenidos de la siguiente forma:

Además, en la siguiente imagen, se aclara la denominación para las diferentes paredes de los tanques a estudiar, ya que utilizaremos la misma en todos ellos.

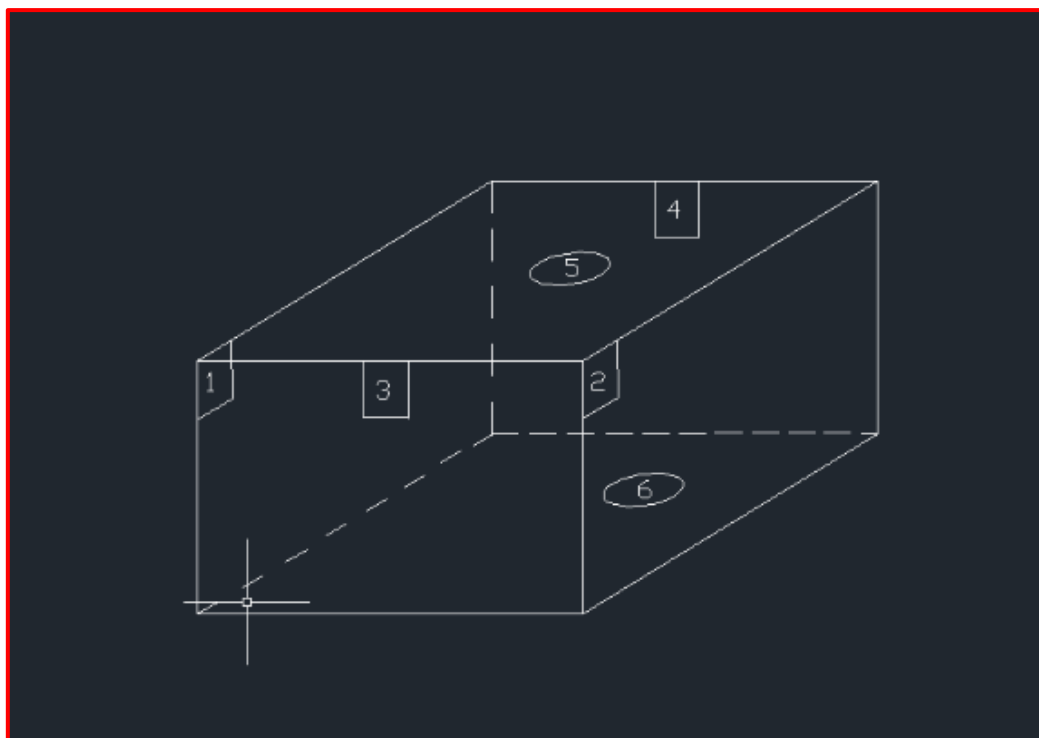


Ilustración 34: Denominación cara en tanques

Fuente: elaboración propia



TANQUE ALMACÉN 1 y 2	K_j	S_j	$t_m - t_j$	$x \left[\frac{kcal}{h} \right]$
Costado mar j=1	14	24,6	37,5-0	12.915
j=2	-----	-----	-----	-----
Tapa C. Maquinas j=3	5	101,25	37,5-20	8.859,4
Cofferdam j=4	5	101,25	37,5-5	16.453,2
Cubierta j=5	4	44,28	37,5-5	5.756,4
j=6	-----	-----	-----	-----

$$\textbf{TOTAL} \quad q_2 = 43.984 \frac{kcal}{h}$$

Tabla 1: Pérdidas a través de cerramientos en tanques almacén

Fuente: Elaboración propia

Por lo que las pérdidas totales son:

$$q_T = 337.529,2 \frac{kcal}{h}$$



TANQUE ALMACÉN 3 y 4	K_j	S_j	$t_m - t_j$	$x \left[\frac{kcal}{h} \right]$
Costado mar j=1	14	24,6	37,5-0	12.915
j=2	-----	-----	-----	-----
Tapa C. Maquinas j=3	5	101,25	37,5-20	8.859,4
Cofferdam j=4	5	101,25	37,5-5	16.453,2
J=5	-----	-----	-----	-----
Fondo C. Maquinas j=6	4	44,28	37,5-20	3.099,6

TOTAL $q_2 = 44.024,6 \frac{kcal}{h}$

Tabla 2: Pérdidas a través de cerramientos en tanques almacén

Fuente: Elaboración propia

Por lo que las pérdidas totales son:

$$q_T = 332.134,4 \frac{kcal}{h}$$

TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

$$q_1 = \frac{43,5972 \cdot 980 \cdot 0,46 \cdot (70 - 50)}{10} \frac{Kcal}{h} = 39.307 \frac{Kcal}{h}$$



TANQUE DE SEDIMENTACIÓN	K_j	S_j	$t_m - t_j$	$x \left[\frac{kcal}{h} \right]$
Costado mar j=1	14	14,525	60-0	12.201
C. Máquinas j=2	5	14,525	60-20	2.905
C. Maquinas j=3	5	10,5	60-20	2.100
C. Máquinas j=4	5	10,5	60-20	2.100
j=5	-----	-----	-----	-----
Fondo C. Maquinas j=6	4	12,45	60-20	1.992

$$\textbf{TOTAL} \quad q_2 = 21.298 \frac{kcal}{h}$$

Tabla 3: Pérdidas a través de cerramientos en tanque de sedimentación

Fuente: Elaboración propia

Por lo que las pérdidas totales son:

$$q_T = 60.605 \frac{kcal}{h}$$

TANQUE DE SERVICIO DIARIO

$$q_1 = \frac{36,337 \cdot 980 \cdot 0,46 \cdot (120 - 100)}{24} \text{ Kcal/h} = 13.650,6 \text{ Kcal/h}$$

TANQUE DE SERV. DIARIO 1	K_j	S_j	$t_m - t_j$	$x \left[\frac{\text{kcal}}{h} \right]$
Costado mar $j=1$	14	12,11	110-0	18.649,4
C. Máquinas $j=2$	5	12,11	110-20	5.449,5
C. Maquinas $j=3$	5	10,5	110-20	4.725
C. Máquinas $j=4$	5	10,5	110-20	4.725
$j=5$	4	10,38	110-5	4.359,6
$j=6$	-----	-----	-----	-----

TOTAL $q_2 = 37.908,5 \text{ kcal/h}$

Tabla 4: Pérdidas a través de cerramientos en tanque de servicio diario

Fuente: Elaboración propia

Por lo que las pérdidas totales son:

$$q_T = 51.559,1 \text{ kcal/h}$$

TANQUE DE SERV. DIARIO 2	K_j	S_j	$t_m - t_j$	$x [kcal/h]$
Costado mar j=1	14	12,11	110-0	18.649,4
C. Máquinas j=2	5	12,11	110-20	5.449,5
C. Maquinas j=3	5	10,5	110-20	4.725
C. Máquinas j=4	5	10,5	110-20	4.725
j=5	-----	-----	-----	-----
j=6	-----	-----	-----	-----

$$\text{TOTAL } q_2 = 33.548,9 kcal/h$$

Tabla 5: Pérdidas a través de cerramientos en tanque de servicio diario

Fuente: Elaboración propia

Por lo que las pérdidas totales son:

$$q_T = 47.199,5 kcal/h$$

TANQUE DE REBOSES Y DERRAMES DE COMBUSTIBLE

$$q_1 = \frac{6,89 \cdot 980 \cdot 0,46 \cdot (50 - 20)}{2} \text{ Kcal/h} = 46.590 \text{ Kcal/h}$$

$$q_2 = q_1 \cdot 0,1 \text{ Kcal/h} = 4.659 \text{ Kcal/h}$$

$$q_T = q_1 + q_2 \text{ Kcal/h} = 46.590 + 4.659 \text{ Kcal/h} = 51.249 \text{ Kcal/h}$$

TANQUE DE LODOS

$$q_1 = \frac{15 \cdot 950 \cdot 0,5 \cdot (50 - 10)}{2} \text{ Kcal/h} = 142.500 \text{ Kcal/h}$$

$$q_2 = q_1 \cdot 0,1 \text{ Kcal/h} = 14.250 \text{ Kcal/h}$$

$$q_T = q_1 + q_2 \text{ Kcal/h} = 142.500 + 14.250 \text{ Kcal/h} = 156.750 \text{ Kcal/h}$$

TANQUE DE AGUAS ACEITOSAS

$$q_1 = \frac{15 \cdot 950 \cdot 0,5 \cdot (50 - 10)}{2} \text{ Kcal/h} = 142.500 \text{ Kcal/h}$$

$$q_2 = q_1 \cdot 0,1 \text{ Kcal/h} = 14.250 \text{ Kcal/h}$$

$$q_T = q_1 + q_2 \text{ Kcal/h} = 142.500 + 14.250 \text{ Kcal/h} = 156.750 \text{ Kcal/h}$$

Como ya mencionamos antes, para los tanques de reboses y derrames de combustible, tanques de lodos y tanques de aguas aceitosas, no calcularemos el valor de q_2 . Supondremos unas pérdidas de en torno a un 10% respecto al valor de q_1 . En resumen, los valores obtenidos de las necesidades térmicas correspondientes a cada uno de los tanques a bordo son los siguientes:

TANQUE	$q_1 = \frac{V \cdot \rho \cdot Ce \cdot (t_f - t_i)}{\tau} Kcal/h$	$q_2 = \sum_{i=1}^n K_j \cdot S_j \cdot (T_{int} - T_j) Kcal/h$	$q_T = q_1 + q_2 Kcal/h$
ALMACÉN 1 y 2	$2 \times 124.740 Kcal/h$	$2 \times 43.984 Kcal/h$	$337.529,2 Kcal/h$
ALMACÉN 3 y 4	$2 \times 124.740 Kcal/h$	$2 \times 41.327 Kcal/h$	$332.134,4 Kcal/h$
SEDIMENTACION	$39.307 Kcal/h$	$21.298 Kcal/h$	$60.605 Kcal/h$
SERVICIO DIARIO 1	$13.650,6 Kcal/h$	$37.908,5 Kcal/h$	$51.559,1 Kcal/h$
SERVICIO DIARIO 2	$13.650,6 Kcal/h$	$33.548,9 Kcal/h$	$47.199,5 Kcal/h$
REBOSES/DERRAMES	$46.590 Kcal/h$	$4.659 Kcal/h$	$51.249 Kcal/h$
LODOS	$142.500 Kcal/h$	$14.250 Kcal/h$	$156.750 Kcal/h$
AGUAS ACEITOSAS	$142.500 Kcal/h$	$14.250 Kcal/h$	$156.750 Kcal/h$

TOTAL $1.193.776,2 Kcal/h$

Tabla 6: Resumen de pérdidas en tanques

Fuente: Elaboración propia

5.2.4. Sistema de Alimentación de Combustible del Motor Principal

Habrà a bordo dos sistemas de alimentación de combustible del motor principal, uno para el combustible ligero y otro para el combustible pesado. Diseñamos para sistemas no presurizados, es decir, por gravedad.

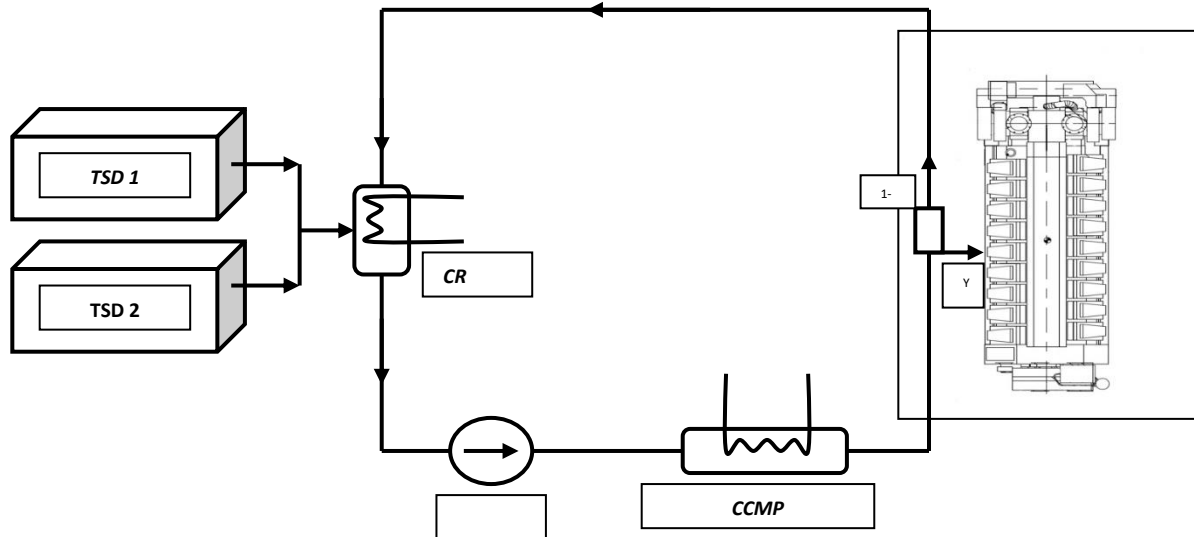


Ilustración 35: Esquema sistema de alimentación motor principal

Fuente: [8]

COLECTOR DE RETORNOS (CR)

A él le llegará el combustible de los tanques de servicio diario a 120° C, más una parte que regresa de la bomba de inyección, que a la entrada del colector estará a 145° C. Así pues, la temperatura de salida del colector de retornos será de 132° C, la cual será la temperatura de entrada del calentador de combustible del motor principal. Las necesidades térmicas en este caso serán:

$$q = \frac{C_1 \cdot \rho \cdot C_e \cdot (t_1 - t_0)}{\tau} = \frac{2,6 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 980 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,46 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \cdot (120 - 25)}{2} = 55.673,8 \text{ kcal/h}$$

CALENTADOR DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR PRINCIPAL (CCMP)

En la figura 37 representado, funcionará en flujo continuo con un intercambiador de calor. Suponemos un rendimiento para el intercambiador de $\mu = 0,7$. Así, las necesidades térmicas para el calentador de combustible son:

$$q = \frac{C_1 \cdot \rho \cdot C_e \cdot (t_1 - t_0)}{\mu} = \frac{2,6 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 980 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,46 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \cdot (155 - 132)}{0,7} = 38.511,2 \text{ kcal/h}$$

5.2.5. Planta Separadora de Fuel Oil

Consideraremos una instalación en paralelo, en la que cada depuradora funcionará al 50% de su capacidad, pero admitiendo caudales para el total de combustible necesitado

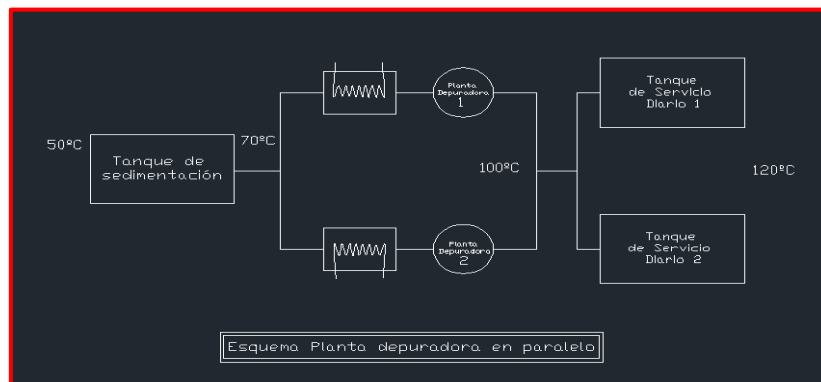


Ilustración 36: Esquema planta depuradora en paralelo

Fuente: elaboración propia

Tiene que ser capaz de bombear la cantidad que entra en el TSD más un 10%, puesto que depurará el combustible y estimamos que eliminará un 10% de lodos. El tiempo en el que tendrá que hacer todo el proceso será de 24h menos el tiempo de sedimentación (10h), es decir, 14 horas, y necesitará un caudal de funcionamiento tal como:

$$\frac{\text{Consumo}_{24h}}{\tau} = \frac{\text{Capacidad}_{\text{TSD}} + 10\%}{\tau} = \frac{36,337 \text{ m}^3 \cdot 1,1}{14h} = 2,855 \text{ m}^3/\text{h}$$

Como la planta separadora que compremos para instalar a bordo no tendrá la capacidad de depuración exacta que nosotros necesitamos, lo calcularemos para una planta depuradora más próxima por encima de nuestros requerimientos. Esto es, utilizaremos una planta depuradora Alfa Laval SA 836, capaz de tratar un caudal de 3.000 l/h . Así, las necesidades térmicas de vapor para este caso son de:

$$q = \frac{C_1 \cdot \rho \cdot C_e \cdot (t_1 - t_0)}{\mu} = \frac{3.000 \text{ l/h} \cdot 0,980 \text{ kg/l} \cdot 0,46 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \cdot (100 - 70)}{0,7} = 57.960 \text{ kcal/h}$$

$$q_v = \frac{q}{r} = \frac{57.960 \text{ kcal/h}}{496,58 \text{ kcal/kg}_v} = 116,72 \text{ kg}_v/\text{h}$$

Como haremos en sucesivos apartados con los tanques, vamos a calcular ahora el serpentín que tendremos que instalar para calentar el fuel:

$$q = K_{\text{int}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat.v}} - t_m) \Rightarrow 57.960 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (164,12 - 40)$$

$$r_{\text{int}} \cdot L = 0,7432 \text{ m}^2$$

$$G_v = \frac{q}{r} \cdot V_{es} = \frac{39.436,3 \text{ kcal/h}}{496,58 \text{ kcal/kg}_v} \cdot 0,278 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = 0,009013 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,009013 \text{ m}^3/\text{s}}{24 \text{ m/s}} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$

$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,009013}{24\pi}} = 0,01093 \text{ m} \Rightarrow L = \frac{0,7432}{0,01093} = 67,97 \text{ m}$$

$$D_{\text{int}} = 1,10\text{cm} = 0,4'' \quad L = 67,97\text{m}$$

5.2.5.1. Alfa Laval SA 836 Especificación Técnica.

En el Anexo II se puede encontrar toda la especificación técnica de esta unidad separadora de FO, la cual hemos elegido por ser la que más se adapta a nuestras necesidades.



Ilustración 37: Fotografía depuradora Alfa Laval SA 836

Fuente: [9]

5.2.5.2. Disposición a Bordo

En cuanto a la disposición a bordo, la planta separadora de FO irá ubicada en la cubierta principal en el lado de popa SB, como se muestra en la Figura 40.

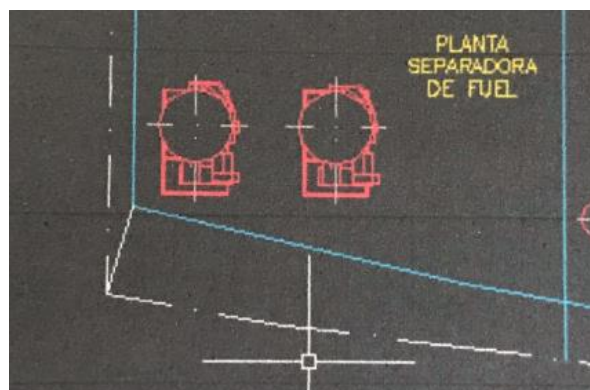


Ilustración 38: Disposición a bordo de la planta separadora de fuel

Fuente: elaboración propia

5.2.6. Planta Separadora de Aceite Lubricante

Tendremos instaladas a bordo dos depuradoras, independientes a nuestro proyecto, una para el aceite y otra para el diesel-oil. Las dos serán de iguales características y podrán desempeñarán la misma función.

La cantidad de aceite lubricante que tenemos que depurar es de:

$$l_{ac} = 2,72 \text{ l/KW} \cdot P_{MCR} \text{ KW} = 2,72 \text{ l/KW} \cdot 7.290 \text{ KW} = 19.828,8 l_{ac}$$

Para mantenerlo suficientemente limpio lo depuraremos en un intervalo de tiempo de 16 horas, realizando 3 pasadas completas a todo el aceite. Entonces, la cantidad de aceite a depurar será 3 veces la calculada anteriormente, es decir, $59.486,4 l_{ac}$. Por lo tanto, el caudal necesario en nuestra planta será de:

$$G_{Dep.Ac} = \frac{59.486,4 l}{16 h} = 3.717,9 \text{ l/h}$$

Las necesidades de vapor para este caso son:

$$q = \frac{1,1 \cdot G_{Dep.Ac} \cdot \rho \cdot C_{e_{ac}} \cdot (t_f - t_i)}{\mu} = \frac{1,1 \cdot 3.717,9 \text{ l/h} \cdot 0,9 \text{ kg/l} \cdot 0,5 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \cdot (81 - 66)^\circ\text{C}}{0,7} = 39.436,3 \frac{\text{kcal}}{h}$$

Así, la cantidad de vapor necesaria es de:

$$q_v = \frac{q}{r} = \frac{39.436,3 \text{ kcal/h}}{496,58 \text{ kcal/kg}_v} = 79,42 \text{ kg}_v/h$$

De la misma forma, calculamos ahora el serpentín que tendremos que instalar para calentar el aceite:

$$q = K_{\text{int}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat.v}} - t_m) \Rightarrow 39.436,3 \frac{\text{kcal}}{h} = 100 \frac{\text{kcal}}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (164,12 - 40)$$

$$r_{\text{int}} \cdot L = 0,5057 m^2$$

$$G_v = \frac{q}{r} \cdot V_{es} = \frac{39.436,3 \frac{\text{kcal}}{h}}{496,58 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_v}} \cdot 0,278 \frac{m^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1h}{3.600s} = 0,006132 \frac{m^3}{s}$$

$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,006132 \frac{m^3}{s}}{24 \frac{m}{s}} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$

$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,006132}{24\pi}} = 0,00902m \Rightarrow L = \frac{0,5057}{0,00902} = 56,07m$$

$$D_{\text{int}} = 1,80cm = 0,7"$$

$$L = 368,70m$$

5.2.6.1. Disposición a Bordo

De la misma forma que la planta separadora de FO, la planta separadora de aceite lubricante irá ubicada cada en la cubierta ppal., pero en este caso, popa babor.

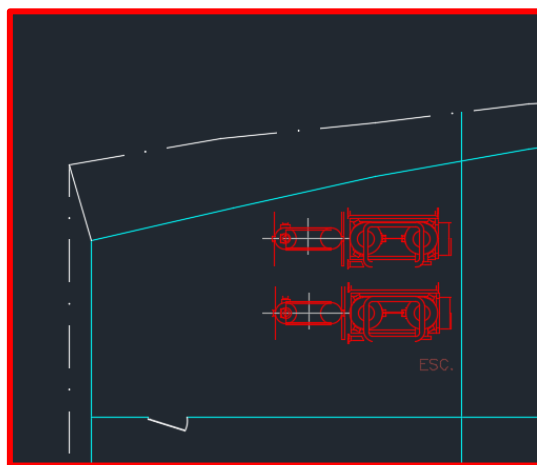


Ilustración 39: Disposición a bordo de la planta separadora aceite lubricante

Fuente: elaboración propia

5.3. Dimensionamiento de Serpentes para los Diferentes Tanques.

A bordo llevaremos serpentes para calentar la carga, así como para todo el circuito de alimentación del motor en cada uno de sus procesos.

Despreciando la convección por el exterior del serpentín, pues el fuel está quieto y ésta es muy baja, así como la conducción, obtenemos la siguiente relación para el cálculo de los serpentes:

$$S_{\text{int}} = 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L$$
$$q = K_{\text{int}} \cdot S_{\text{int}} \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \quad \text{Siendo:} \quad t_{\text{ext}} = \frac{t_f + t_l}{2} \quad t_{\text{int}} = t_{\text{sat.v}}$$

y tomando como valores de referencia de K_{int} los siguientes:

- Si vamos a calentar fuel/aceite/crudo/vapor agua, entonces:

$$K_{\text{int}} \approx 100 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

- Si vamos a calentar agua, entonces;

$$K_{\text{int}} \approx 500 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Por lo tanto, las necesidades térmicas en los serpentes para producir la variación de temperatura necesaria en el fluido que vamos a tratar es:

$$q = K_{\text{int}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat.v}} - t_m) \quad \left[\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right]$$
$$G_v = \frac{q}{r} \cdot V_{\text{es}} \quad \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \quad V_{\text{es}} = \text{volumen específico del vapor} \quad \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}_v} \right]$$
$$G_v = A \cdot v \quad \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

La velocidad del vapor en serpentines, según los requisitos del proyecto, no bajará de 22 m/s. Consideraremos los cálculos para una velocidad en serpentines de 24 m/s por seguridad.

La temperatura de saturación para el vapor a 7 kg/cm² es de 164,12°C

TANQUE ALMACÉN 1 y 2

Las necesidades térmicas calculadas para el tanque almacén son de 125.000 kcal/h, necesarias para poder elevar la temperatura del combustible pesado desde los 25°C a los 50°C.

$$q = K_{\text{int}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat.v}} - t_m) \Rightarrow 168.724 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (164,12 - 37,5)$$

Despejando en la ecuación obtenemos que: $r_{\text{int}} \cdot L = 2,12078 \text{m}^2$

Por otro lado, el caudal de vapor necesario para proporcionarnos el calor necesario es:

$$G_v = \frac{q}{r} \cdot V_{\text{es}} = \frac{168.724 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{496,58 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_v}} \cdot 0,278 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1 \text{h}}{3.600 \text{s}} = 0,026238 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Este caudal es el que tendrá que ir por el serpentín, por lo que entonces:

$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,026238 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{24 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$
$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,026238}{24\pi}} = 0,01865 \text{m} \Rightarrow L = \frac{2,12078}{0,01865} = 113 \text{m}$$

TANQUE ALMACÉN 3 y 4

$$q = K_{\text{int}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat},v} - t_m) \Rightarrow 166.067 \frac{\text{kcal}}{h} = 100 \frac{\text{kcal}}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (164,12 - 37,5)$$

$$r_{\text{int}} \cdot L = 2,08738 m^2$$

$$G_v = \frac{q}{r} \cdot V_{es} = \frac{166.067 \text{kcal}/h}{496,58 \text{kcal}/\text{kg}_v} \cdot 0,278 \frac{m^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1h}{3.600s} = 0,025825 \frac{m^3}{s}$$

$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,025825 \text{m}^3/s}{24 \text{m}/s} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$

$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,026238}{24\pi}} = 0,0185m \Rightarrow L = \frac{2,08738}{0,0185} = 112,8m$$

TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

$$q = K_{\text{int}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat},v} - t_m) \Rightarrow 60.605 \frac{\text{kcal}}{h} = 100 \frac{\text{kcal}}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (164,12 - 60)$$

$$r_{\text{int}} \cdot L = 0,92639 m^2$$

$$G_v = \frac{q}{r} \cdot V_{es} = \frac{60.605 \text{kcal}/h}{496,58 \text{kcal}/\text{kg}_v} \cdot 0,278 \frac{m^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1h}{3.600s} = 0,009425 \frac{m^3}{s}$$

$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,009425 \text{m}^3/s}{24 \text{m}/s} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$

$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,009425}{24\pi}} = 0,0112m \Rightarrow L = \frac{0,92639}{0,0112} = 82,86m$$

TANQUE DE SERVICIO DIARIO 1

$$q = K_{\text{int}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat.v}} - t_m) \Rightarrow 51.559,1 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (164,12 - 110)$$

$$r_{\text{int}} \cdot L = 1,5165 \text{m}^2$$

$$G_v = \frac{q}{r} \cdot V_{\text{es}} = \frac{51.559,1 \text{kcal/h}}{496,58 \text{kcal/kg}_v} \cdot 0,278 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1 \text{h}}{3.600 \text{s}} = 0,008018 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,008018 \text{m}^3/\text{s}}{24 \text{m/s}} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$

$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,008018}{24\pi}} = 0,0103 \text{m} \Rightarrow L = \frac{0,92639}{0,0112} = 147,06 \text{m}$$

TANQUE DE SERVICIO DIARIO 2

$$q = K_{\text{int}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat.v}} - t_m) \Rightarrow 47.199,5 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (164,12 - 110)$$

$$r_{\text{int}} \cdot L = 1,3880 \text{m}^2$$

$$G_v = \frac{q}{r} \cdot V_{\text{es}} = \frac{47.199,5 \text{kcal/h}}{496,58 \text{kcal/kg}_v} \cdot 0,278 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1 \text{h}}{3.600 \text{s}} = 0,00734 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,00734 \text{m}^3/\text{s}}{24 \text{m/s}} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$

$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,00734}{24\pi}} = 0,0099 \text{m} \Rightarrow L = \frac{1,3880}{0,0099} = 140,68 \text{m}$$

TANQUE DE REBOSES Y DERRAMES

$$q = K_{\text{int}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat.v}} - t_m) \Rightarrow 51.249 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (164,12 - 37,5)$$
$$r_{\text{int}} \cdot L = 0,6442 \text{m}^2$$

$$G_v = \frac{q}{r} \cdot V_{\text{es}} = \frac{51.249 \text{kcal/h}}{496,58 \text{kcal/kg}_v} \cdot 0,278 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1\text{h}}{3.600\text{s}} = 0,00797 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,00797 \text{m}^3/\text{s}}{24 \text{m/s}} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$

$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,00797}{24\pi}} = 0,0103\text{m} \Rightarrow L = \frac{0,6442}{0,0103} = 62,66\text{m}$$

TANQUE DE LODOS Y TANQUE DE AGUAS ACEITOSAS

$$q = K_{\text{int}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat.v}} - t_m) \Rightarrow 156.750 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (164,12 - 30)$$
$$r_{\text{int}} \cdot L = 1,8601 \text{m}^2$$

$$G_v = \frac{q}{r} \cdot V_{\text{es}} = \frac{156.750 \text{kcal/h}}{496,58 \text{kcal/kg}_v} \cdot 0,278 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1\text{h}}{3.600\text{s}} = 0,02438 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,02438 \text{m}^3/\text{s}}{24 \text{m/s}} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$

$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,02438}{24\pi}} = 0,018\text{m} \Rightarrow L = \frac{1,8601}{0,018} = 103,45\text{m}$$

COLECTOR DE RETORNOS (CR)

$$q = K_{\text{int}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat.v}} - t_m) \Rightarrow 55.673,8 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (164,12 - 53,5)$$

$$r_{\text{int}} \cdot L = 0,801 \text{m}^2$$

$$G_v = \frac{q}{r} \cdot V_{\text{es}} = \frac{55.673,8 \text{kcal/h}}{496,58 \text{kcal/kg}_v} \cdot 0,278 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1 \text{h}}{3.600 \text{s}} = 0,00866 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,00866 \text{m}^3/\text{s}}{24 \text{m/s}} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$

$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,00866}{24\pi}} = 0,0107 \text{m} \Rightarrow L = \frac{0,801}{0,0107} = 74,86 \text{m}$$

En resumen, los valores de diámetros y longitud para cada uno de los serpentines a bordo están expresados en la siguiente tabla:

TANQUE	Diámetro interior serpentín (cm)	Diámetro interior serpentín (pulgadas)	Longitud del Serpentín
ALMACÉN 1 y 2	3,73 cm	1,5 “	113 m
ALMACÉN 3 y 4	3,70 cm	1,4 “	112,8 m
SEDIMENTACION	2,24 cm	0,9 “	82,86 m
SERVICIO DIARIO 1	2,06 cm	0,8 “	147,06 m
SERVICIO DIARIO 2	1,98 cm	0,8 “	140,68 m
REBOSES/DERRAMES	2,06 cm	0,8 “	62,66 m
LODOS	3,60 cm	1.4 “	103,45 m
AGUAS ACEITOSAS	3,60 cm	1.4 “	103,45 m
COLECTOR	2,10 cm	0,8 “	74,86 m

Tabla 7: Resumen medidas de los serpentines

Fuente: Elaboración propia

5.4. Sistema de Vapor para Calefacción de la Carga.

Los tanques de carga tienen una capacidad global de 9446 m³ y disponen de serpentines de calefacción para calentar la carga desde los 30 °C a los 90 °C en 35 horas. La carga son productos con una densidad media de 0,94 kg/l y calor específico de 0,44 kcal/kg °C. La velocidad del vapor en los serpentines no debe ser inferior a 22 m/s.

El costado y el fondo de los tanques dan a un espacio vacío con una temperatura media de aproximadamente 5°C. Las pérdidas debidas a cerramientos se calcularán para estas caras, así como para aquellas que no estén en contacto con otros tanques.

Los tanques tendrán cada uno un volumen y unas necesidades térmicas aproximadas de:

TANQUE 1 Y 2

Dimensiones: M= 8,500 m; P = 8,500 m; E = 20,000 m

Volumen: 1445 m³ Por tanque.

Los cuales quedan representados de la siguiente forma:

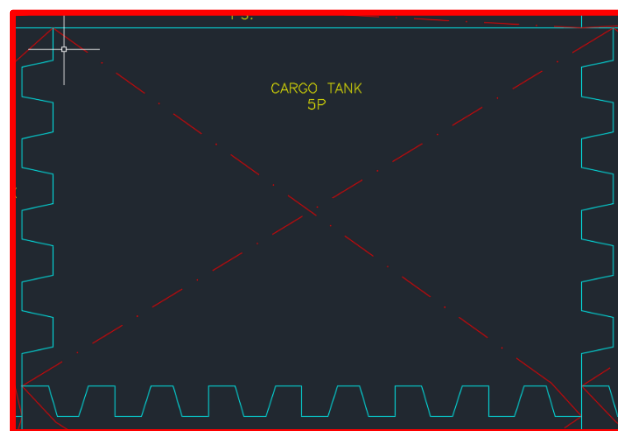


Ilustración 40: Disposición tanques de carga (Planta)

Fuente: elaboración propia

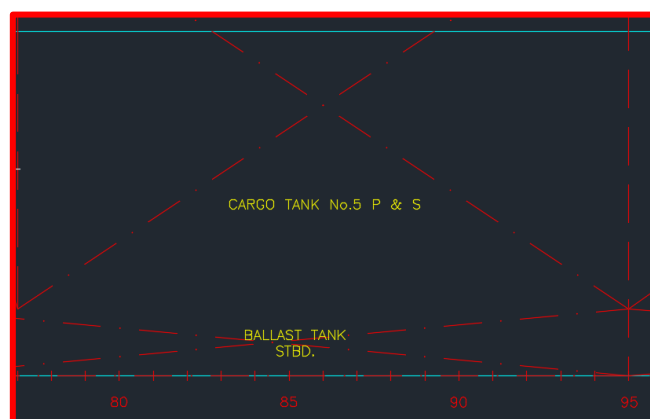


Ilustración 41: Disposición tanques de carga (Alzado, zona de estribor)

Fuente: elaboración propia

Necesidades térmicas:

Utilizando las expresiones anteriormente descritas, sabemos:

$$q_1 = \frac{V \cdot \rho \cdot C_e \cdot (t_f - t_i)}{\tau} \text{ kcal/h}$$

$$q_1 = \frac{1445 \cdot 940 \cdot 0,44 \cdot (90 - 30)}{35} = 1.024.546,286 \text{ kcal/h}$$

TANQUE CARGA 1 Y 2	K_j	S_j	$t_m - t_j$	$x \text{ [kcal/h]}$
Cofferdam j=1	5	170	30-5	21.250
j=2	-----	-----	-----	-----
j=3	-----	-----	-----	-----
Cofferdam j=4	5	72,25	30-5	9.031,25
Cofferdam J=5	5	170	30-5	21.250
Cofferdam j=6	5	170	30-5	21.250

TOTAL :72.781,25 kcal/h

Tabla 8: Pérdidas a través de cerramientos en tanque de carga

Fuente: Elaboración propia

$$q_T = q_1 + q_2$$

$$q_T = 1.024.546,286 + 72.781,25 = \text{kcal/h}$$

$$q_T = 1.097.327,536 \text{ kcal/h}$$



Para los tanques 3 y 4, 5 y 6 la disposición geométrica es la misma que los tanques 1 y 2, por ese motivo no se muestra a continuación.

TANQUE 3 Y 4

Dimensiones: M= 8,500 m; P = 8,500 m; E = 20,000 m

Volumen: → 1445 m³ Por tanque.

Necesidades térmicas:

Utilizando las expresiones anteriormente descritas, sabemos:

$$q_1 = \frac{V \cdot \rho \cdot C_e \cdot (t_f - t_i)}{\tau} \text{ kcal/h}$$

$$q_1 = \frac{1445 \cdot 940 \cdot 0,44 \cdot (90 - 30)}{35} = 1.024.546,286 \text{ kcal/h}$$

TANQUE CARGA 3 Y 4	K_j	S_j	$t_m - t_j$	$x \left[\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right]$
Cofferdam j=1	5	170	30-5	21.250
j=2	-----	-----	-----	-----

$j=3$	-----	-----	-----	-----
$j=4$	-----	-----	-----	-----
Cofferdam $J=5$	5	170	30-5	21.250
Cofferdam $j=6$	5	170	30-5	21.250

TOTAL : 63.750 $kcal/h$

Tabla 9: Pérdidas a través de cerramientos en tanque de carga

Fuente: Elaboración propia

$$q_T = q_1 + q_2$$

$$q_T = 1.024.546,286 + 63.750 = kcal/h$$

$$q_T = 1.088.296,286 \text{ } kcal/h$$

TANQUE 5 Y 6

Dimensiones: M= 8,500 m; P = 8,500 m; E = 20,000 m

Volumen: → 1445 m³ Por tanque.

Necesidades térmicas:

Utilizando las expresiones anteriormente descritas, sabemos:

$$q_1 = \frac{V \cdot \rho \cdot C_e \cdot (t_f - t_i)}{\tau} \text{ } kcal/h$$

$$q_1 = \frac{1445 \cdot 940,044 \cdot (90 - 30)}{35} = 1.024.546,286 \text{ } kcal/h$$

TANQUE CARGA 5 Y 6	K_j	S_j	$t_m - t_j$	$x[kcal/h]$
Cofferdam j=1	5	170	30-5	21.250
j=2	-----	-----	-----	-----
j=3	-----	-----	-----	-----
j=4	-----	-----	-----	-----
Cofferdam J=5	5	170	30-5	21.250
Cofferdam j=6	5	170	30-5	21.250

TOTAL : 63.750 $kcal/h$

Tabla 10: Pérdidas a través de cerramientos en tanque de carga

Fuente: Elaboración propia

$$q_T = q_1 + q_2$$

$$q_T = 1.024.546,286 + 63.750 = kcal/h$$

$$q_T = 1.088.296,286 \quad kcal/h$$

TANQUE 7 Y 8

Dimensiones: M= 8,500 m; P = 8,500 m; E =10.740 m

Volumen: → 775,96 m³ Por tanque.

Los cuales quedan representados de la siguiente forma:

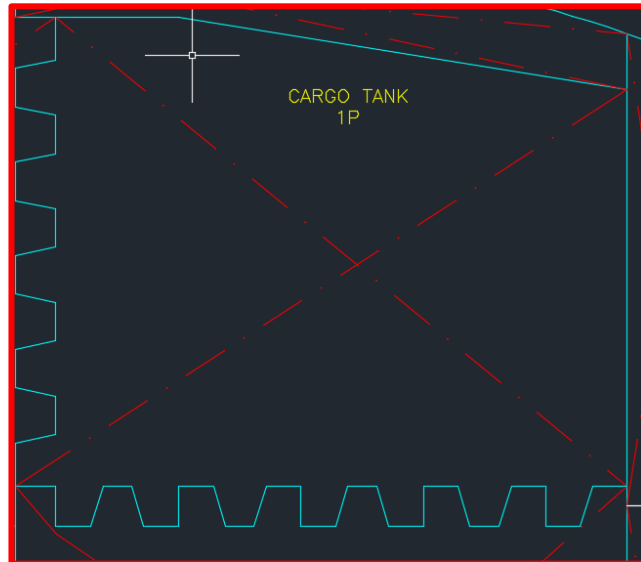


Ilustración 42: Disposición tanques de carga (Planta)

Fuente: elaboración propia

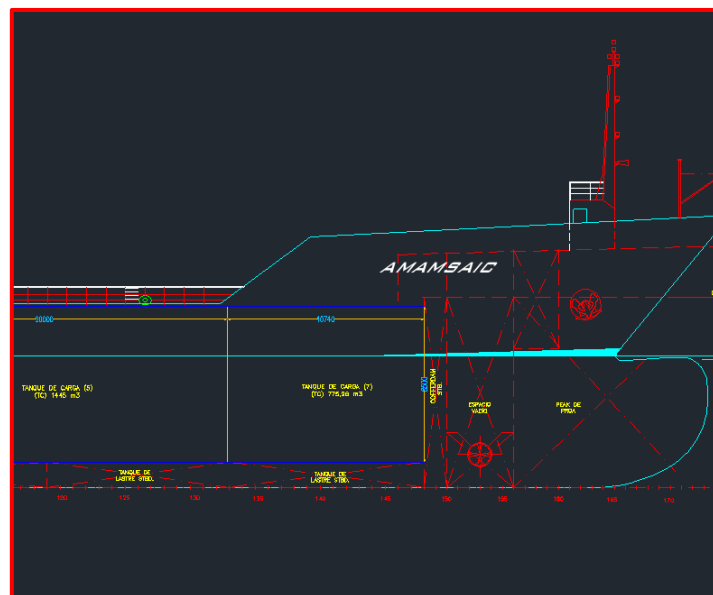


Ilustración 43: Disposición tanques de carga (Alzado, zona de estribor)

Fuente: elaboración propia

Necesidades térmicas:

Utilizando las expresiones anteriormente descritas, sabemos:

$$Q_1 = \frac{V \cdot \rho \cdot C_e \cdot (t_f - t_i)}{\tau} \text{ kcal/h}$$

$$Q_1 = \frac{775,96 \cdot 940,044 \cdot (90 - 30)}{35} = 550.177,81 \text{ kcal/h}$$

TANQUE CARGA 7 Y 8	K_j	S_j	$t_m - t_j$	$x \left[\frac{\text{kcal}}{h} \right]$
Cofferdam j=1	5	91,25	30-5	11.406,25
j=2	-----	-----	-----	-----
Cofferdam j=3	5	72,25	30-5	9.031,25
j=4	-----	-----	-----	-----
Cofferdam J=5	5	91,29	30-5	11.406,25
Cofferdam j=6	5	91,25	30-5	11.406,25

TOTAL : 43.250 kcal/h

Tabla 11: Pérdidas a través de cerramientos en tanque de carga

Fuente: Elaboración propia

$$q_T = q_1 + q_2$$

$$q_T = 550.177,81 + 43.250 = kcal/h$$

$$q_T = 593.427,81 kcal/h$$

Las necesidades totales de vapor para todos los tanques de carga son de:

$$M_v \cdot C_{e_v} \cdot \Delta T = q_v$$

$$M_v = \frac{q_v}{C_{e_v} \cdot \Delta T} = kg_v/h$$

$$M_v = \frac{3.867.347,918 Kcal/h}{0.48 \frac{Kcal}{Kg \cdot c^\circ} \cdot 60 c^\circ} = 134282,9138 Kg_v/h$$

$$M_v = \frac{134282,9138 Kg_v/h}{35 h \text{ (tiempo de calefacción)}} = 3836.65 Kg_v/h$$

$M_v = 3836.65 Kg_v/h \cdot 2$ (ya que el cálculo está hecho solo para un tanque de cada grupo) =

$$M_v = 7673,30 Kg_v/h$$

5.5. Dimensionamiento de Serpientes para la Calefacción de la Carga

Como hemos hecho anteriormente con los tanques ya estudiados, tenemos que hacer el correspondiente dimensionamiento de los serpentines de los tanques de carga, para ello, seguiremos el mismo método y expresiones que ya hemos utilizado previamente.

TANQUES 1 Y 2

$$q = k_{int} \cdot r_{int} \cdot L \cdot (t_{sat,v} - t_m) \Rightarrow 1.097.327,536 kcal/h = 100 \frac{Kcal}{h \cdot m^2 \cdot C^\circ} \cdot 2\pi \cdot r_{int} \cdot L \cdot$$

$$(164,12 - 60)$$

$$r_{\text{int.}} \cdot L = 16,7734 \text{ m}^2$$

$$G_v = \frac{1.097.327,536 \text{ kcal/h}}{496,48 \text{ kcal/kg}_v} \cdot 0,278 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,1706 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,1706 \text{ m}^3/\text{s}}{24 \text{ m/s}} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$

$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,1706}{24\pi}} = 0,04756 \Rightarrow L = \frac{16,7734}{0,04756} = 352,55 \text{ m}$$

$$D_{\text{int}} = 9,51 \text{ cm} = 3,75'' / L = 352,55 \text{ m}$$

TANQUES 3 Y 4

$$q = k_{\text{int.}} \cdot r_{\text{int.}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat.v}} - t_m) \Rightarrow 1.088.296,286 \text{ kcal/h} = 100 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^\circ} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int.}} \cdot L \cdot$$

$$(164,12 - 60)$$

$$r_{\text{int.}} \cdot L = 16,6353 \text{ m}^2$$

$$G_v = \frac{1.088.296,286 \text{ kcal/h}}{496,48 \text{ kcal/kg}_v} \cdot 0,278 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,1692 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,1692 \text{ m}^3/\text{s}}{24 \text{ m/s}} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$

$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,1692}{24\pi}} = 0,04738 \Rightarrow L = \frac{16,6353}{0,04738} = 351,08 \text{ m}$$

$$D_{\text{int}} = 9,47 \text{ cm} = 3,7'' / L = 351,08 \text{ m}$$

TANQUES 5 Y 6

$$q = k_{\text{int.}} \cdot r_{\text{int.}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat.v}} - t_m) \Rightarrow 1.088.296,286 \text{ kcal/h} = 100 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^\circ} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int.}} \cdot L \cdot$$

$$(164,12 - 60)$$

$$r_{\text{int.}} \cdot L = 16,6353 \text{ m}^2$$

$$G_v = \frac{1.088.296,286 \text{ kcal/h}}{496,48 \text{ kcal/kg}_v} \cdot 0,278 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,1692 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,1692 \text{ m}^3/\text{s}}{24 \text{ m/s}} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$
$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,1692}{24\pi}} = 0,04738 \Rightarrow L = \frac{16,6353}{0,04738} = 351,08 \text{ m}$$
$$D_{\text{int}} = 9,47 \text{ cm} = 3,7'' \quad / \quad L = 351,08 \text{ m}$$

TANQUES 7 Y 8

$$q = k_{\text{int}} \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat.v}} - t_m) \Rightarrow 593.427,81 \text{ kcal/h} = 100 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^\circ} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (164,12 - 60)$$
$$r_{\text{int}} \cdot L = 9,0770 \text{ m}^2$$
$$G_v = \frac{593.427,81 \text{ kcal/h}}{496,48 \text{ kcal/kg}_v} \cdot 0,278 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0,09230 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$
$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,09230 \text{ m}^3/\text{s}}{24 \text{ m/s}} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$
$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,09230}{24\pi}} = 0,0349 \Rightarrow L = \frac{9,0770}{0,0349} = 259,429 \text{ m}$$
$$D_{\text{int}} = 6,9976 = 2,7'' \quad / \quad L = 259,429 \text{ m}$$

5.6. Tanque de Agua Caliente Sanitaria.

Otro de los consumos de vapor que tendremos en nuestro buque será el tanque de agua caliente sanitaria, el cual vamos a estudiar a continuación.

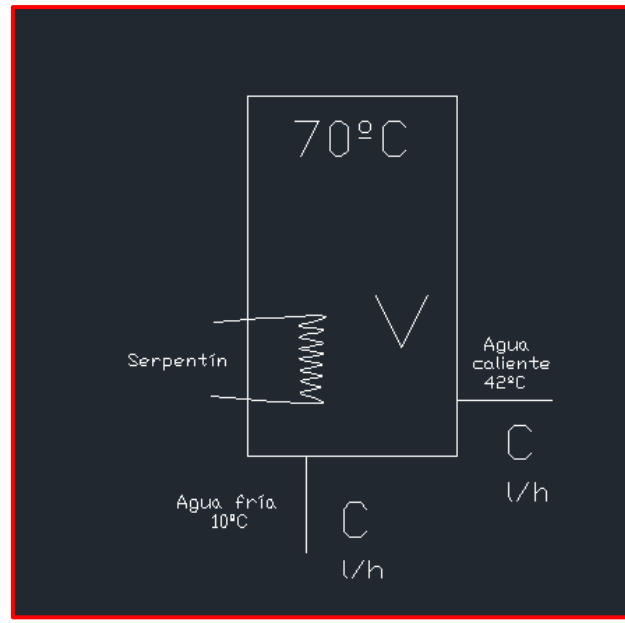


Ilustración 44: Disposición tanque agua caliente sanitaria

Fuente: elaboración propia

1.- Estimamos un consumo medio por persona y día:

$$C_{Ag.c} \approx 100 \frac{l}{pax - día} \cdot 22 pax = 2.200 \frac{l}{día}$$

2.- El consumo máximo por hora lo establecemos como 4 veces el consumo medio, es decir:

$$C_{\max Ag.c} = 4 \cdot 2.200 \frac{l}{día} \cdot \frac{1 día}{24h} = 366,67 \frac{l}{h}$$

3.- La temperatura máxima de salida del agua caliente sanitaria en grifos será de 42°C.

$$t_f = 42^{\circ}C \quad C_{\max} = 0,367 \frac{m^3}{h}$$

En el tanque almacén el agua estará a 10°C, luego el calor que tendremos que aportar al agua para alcanzar esta temperatura es:

$$q = C_{\max} \cdot \rho \cdot Ce \cdot (t_f - t_i) \text{ kcal/h}$$

$$q_{\text{serpentin}} = 0,367 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1.000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,5 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \cdot (42 - 10)^\circ\text{C}$$

$$q_{\text{serpentin}} = 5.872 \text{ kcal/h}$$

$$q_v = 11,8 \text{ kg}_v/\text{h}$$

En el tanque de agua caliente sanitaria tendremos agua a una temperatura de 70°C, la cual se mantendrá siempre constante. El volumen de este tanque deberá satisfacer las necesidades de agua del buque, por tanto:

$$V = \frac{(70^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})}{(70^\circ\text{C} - 42^\circ\text{C})} \cdot C_{\max} = \frac{60^\circ\text{C}}{28^\circ\text{C}} \cdot 0,367 \text{ m}^3/\text{h} = 0,786 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V = 786,43 \text{ l} \rightarrow \boxed{V \approx 786 \text{ l}}$$

4.- Para el tiempo de calentamiento inicial

$$\tau = \frac{V \cdot \rho \cdot Ce \cdot (70^\circ\text{C} - t_i) \text{ kcal}}{C_{\max} \cdot \rho \cdot Ce \cdot (t_f - t_i) \text{ kcal/h}} = \frac{V \cdot (70^\circ\text{C} - t_i)}{C_{\max} (t_f - t_i)} = \frac{786 \text{ l} (70 - 10)^\circ\text{C}}{367 \text{ l/h} (42 - 10)^\circ\text{C}} = 4 \text{ h}$$

Para el dimensionamiento del serpentín del tanque de agua caliente sanitaria:

$$q = K_{\text{int}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (t_{\text{sat.v}} - t_m) \Rightarrow 5.872 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2\pi \cdot r_{\text{int}} \cdot L \cdot (164,12 - 40)$$

$$r_{\text{int}} \cdot L = 0,0753 \text{ m}^2$$

$$G_v = \frac{q}{r} \cdot V_{es} = \frac{5.872 \text{ kcal/h}}{496,58 \text{ kcal/kg}_v} \cdot 0,278 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}_v} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = 0,000913 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$G_v = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{G_v}{v} = \frac{0,000913 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{24 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \pi \cdot r_{\text{int}}^2$$

$$r_{\text{int}} = \sqrt{\frac{0,000913}{24\pi}} = 0,00348 \text{ m} \Rightarrow L = \frac{0,0753}{0,00348} = 21,64 \text{ m}$$

$$D_{\text{int}} = 0,7 \text{ cm} = 0,3''$$

$$L = 21,64 \text{ m}$$

5.7. Evaporador Mediante Hervido

Se dispondrá un generador de agua dulce mediante hervido con un vacío del 95% y una producción de 22 Tn/día que funciona con vapor. Ambos datos obtenidos de manuales técnicos de barcos de estas dimensiones.

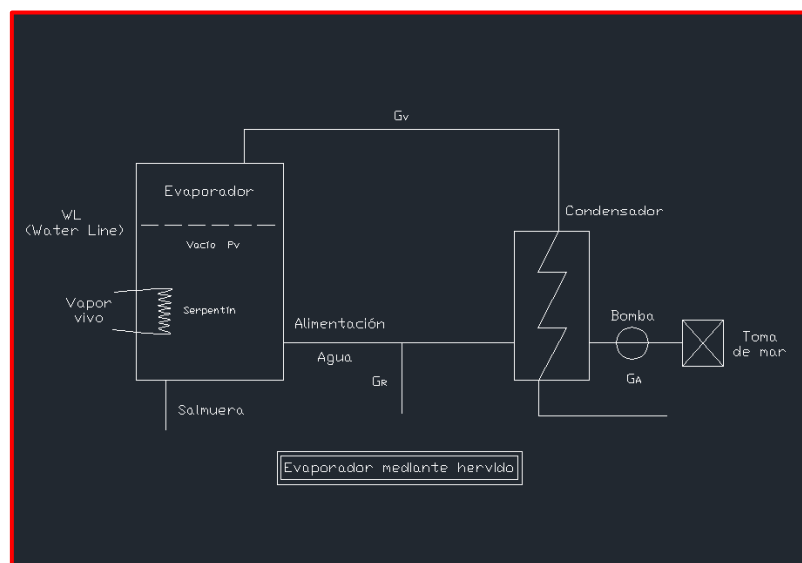


Ilustración 45: Disposición evaporador mediante hervido

Fuente: elaboración propia

La presión de vapor correspondiente al vacío del 95% es:

$$P_v = (1 - \text{vacío}) \frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2} = 0,05 \frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2} \Rightarrow P_v = 4,9 \text{ kPa}$$

A esta presión, obtenemos que: $r_{sat} = 581,91 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$ y $t_{sat} = 32,49^\circ \text{C}$

La capacidad de producción de 22 tons/día es de: $G_v = 916,67 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$

Además, sabemos que el caudal de entrada de agua por la caja de mar es:

$$G_A = G_v + G_R$$

La masa de vapor vivo necesaria para que el sistema funcione la calculamos como:

$$q = M_v \cdot r = \omega \cdot C_e \cdot (t_{sat} - t_m) + G_v \cdot r_{sat}$$

$$q = 3.666,68 \cdot 0,96 \cdot (32,49 - 31,5) + 916,67 \cdot 581,91 = 536.939,45 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$r \equiv$ calor de vaporización (kcal/kg)
 $\omega \equiv$ capacidad de agua en el evaporador.

$$\omega = 4 \cdot G_v = 3.666,68 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$C_{e_{as}} = 0,96 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ \text{C}}$$

$$M_v = \frac{\omega \cdot C_{e_{as}} (t_{sat} - t_m) + G_v \cdot r_{sat}}{r}$$

Para el cálculo de la temperatura media t_m , hacemos un balance energético en el evaporador:

$$(\omega - G_v) \cdot t_{sat} + G_v \cdot t_f = \omega \cdot t_m$$

$$t_f = t_{sat} - K, \text{ siendo } K \in [2;5]$$

Tomando $K = 4$, entonces $t_f = 32,49 - 4 = 28,49^\circ C$. Calculando ahora el valor de t_m , obtenemos que $t_m = 31,5^\circ C$.

Por lo tanto:

$$q = M_v \cdot r = 536.939,45 \text{ kcal/h}$$

$$M_v = q_v = 1.081,27 \text{ kg}_v/\text{h}$$

5.8. Sistema de Climatización

La habitación se climatiza mediante aire caliente, que se calienta a partir de vapor. Consideramos una temperatura exterior del aire atmosférico de $-8^\circ C$, una temperatura media en la habitación de $21^\circ C$, así como un promedio de 15 renovaciones por hora para el aire de la habitación, ya que es un dato coherente con las especificaciones técnicas de los equipos.

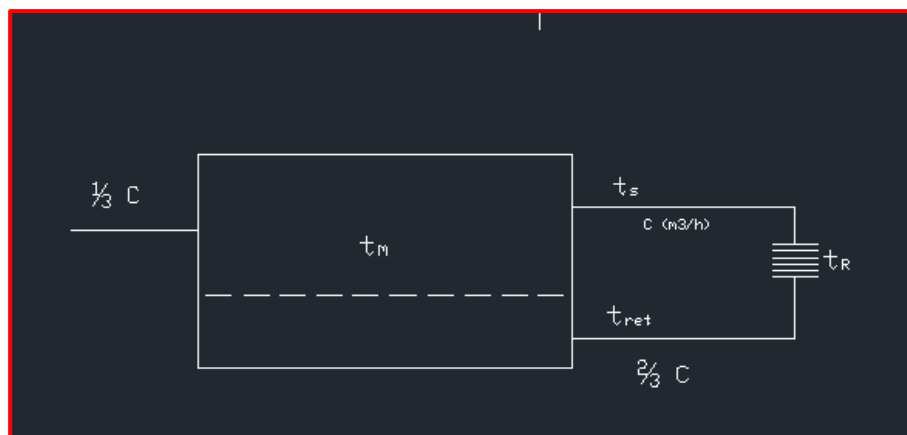


Ilustración 46: esquema sistema de climatización.

Fuente: elaboración propia

El volumen a climatizar será de, aproximadamente: (dimensiones del puente y espacios de la habitación)

$$V = 25m \cdot 13,3m \cdot 14,7m \approx 4.888m^3$$

El caudal de aire que nuestro sistema tendrá que climatizar será el correspondiente al volumen interior por el número de renovaciones por hora, es decir:

$$C_{aire} = 4.888m^3 \cdot \frac{15renov}{h} = 73.320m^3/h$$

La temperatura de rejilla será:

$$t_R = t_{m_{LOCAL}} + \delta t = 21 + 2,5 = 23,5^\circ C$$

La temperatura a la que llega el aire a la rejilla es:

$$t_S = t_R + 1^\circ = 24,5^\circ C$$

La temperatura de retorno:

$$t_{ret} = t_R - \delta t_2 = 23,5 - 2 = 21,5^\circ C$$

Del total del caudal climatizado, un tercio se va a coger del exterior $24.440m^3/h$ y dos tercios se recircularán $48.880m^3/h$.

La temperatura de mezcla del aire (recirculado + exterior) será entonces:

$$\frac{2}{3} \cdot \rho \cdot C \cdot Ce \cdot t_{ret} + \frac{1}{3} \cdot \rho \cdot C \cdot Ce \cdot t_{ext} = \frac{3}{3} \cdot \rho \cdot C \cdot Ce \cdot t_m$$

$$\frac{2}{3} \cdot t_{ret} + \frac{1}{3} \cdot t_{ext} = \frac{3}{3} \cdot t_m \Rightarrow t_m = 11,67^\circ C$$

Tendremos que calentar el aire desde los 11,67°C de la temperatura de mezcla hasta la temperatura a la que queremos climatizar, y para ello, aportaremos mediante vapor, una cantidad de calor definida como:

$$q = \frac{C \cdot \rho \cdot Ce \cdot (t_s - t_m)}{\mu} \text{ kcal/h}$$

$$q = \frac{73.320 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,24 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 0,24 \text{ kcal}/\text{kg}^\circ\text{C} \cdot (24,5 - 11,67)^\circ\text{C}}{0,7} \text{ kcal/h} = 387.029,05 \text{ kcal/h}$$

$$q_v = \frac{q}{r} = \frac{387.029,05 \text{ kcal/h}}{496,58 \text{ kcal}/\text{kg}} \Rightarrow q_v = 779,39 \text{ kg}_v/\text{h}$$

En la figura 47, podemos observar la situación a bordo en la cubierta principal de los elementos anteriormente descritos.

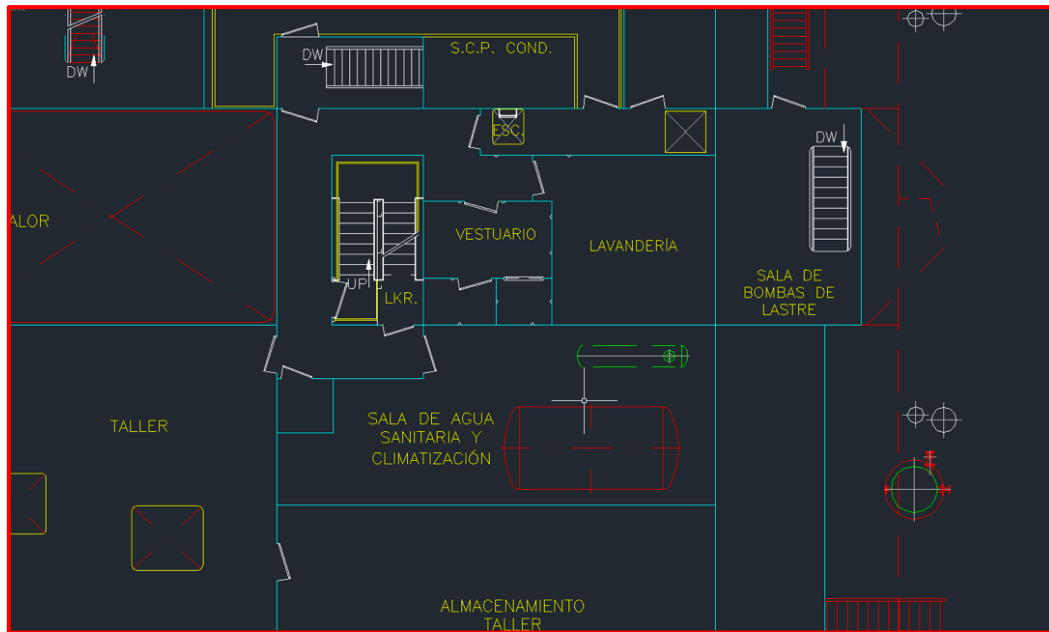


Ilustración 47: Situación a bordo

Fuente: elaboración propia

5.9. Cuadro Resumen- Balance Térmico

	CARACTERÍSTICAS		NECESIDADES TÉRMICAS	NECESIDADES DE VAPOR	
TANQUE ALMACÉN	$V_{T.A.} = 332,015 m^3$ (x 4)				
	Dimensiones: $P = 7,5m$ $B = 13,5m$ $L = 3,28m$				
	Serpentín:	1-2	$L^{1/2} = 113m$ $D_{int}^{1/2} = 3,73cm = 1,5"$	$337.529,2 kcal/h$	$679,7 kg_v/h$
		3-4	$L^{3/4} = 112,8m$ $D_{int}^{1/4} = 3,70cm = 1,4"$	$332.134,4 kcal/h$	$668,84 kg_v/h$
					$\tau = 30h$ $t_f = 50^\circ C$
TANQUE SERVICIO DIARIO	$V_{T.S.D.} = 36,337 m^3$ (x 2)				
	Dimensiones: $P = 3,5m$ $B = 3m$ $L = 3,46m$				
	Serpentín:	1	$L^1 = 147,06m$ $D_{int}^{1/2} = 2,06cm = 0,8"$	$51.559,1 kcal/h$	$103,83 kg_v/h$
		2	$L^{1/2} = 140,68m$ $D_{int}^{1/2} = 1,98cm = 0,8"$	$47.199,5 kcal/h$	$95,05 kg_v/h$
					$t_i = 70^\circ C$ $t_f = 100^\circ C$
TANQUE DE SEDIMENTACIÓN	$V_{T.D.S.} = 43,5972 m^3$				
	Serpentín:	$L = 82,86m$ $D_{int} = 2,24cm = 0,9"$	$60.605 kcal/h$	$122,04 kg_v/h$	$\tau = 10h$ $t_i = 50^\circ C$ $t_f = 70^\circ C$
TANQUE REBOSES Y DERRAMES	$V_{T.R.D.} = 6,89 m^3$				
	Serpentín:	$L = 62,66m$ $D_{int} = 2,06cm = 0,8"$	$51.249 kcal/h$	$103,20 kg_v/h$	$\tau = 2h$ $t_i = 25^\circ C$ $t_f = 50^\circ C$
TANQUE DE LODOS	$V_{T.L.} = 15 m^3$				
	Serpentín:	$L = 103,45m$ $D_{int} = 3,60cm = 1,4"$	$156.750 kcal/h$	$315,66 kg_v/h$	$\tau = 2h$ $t_i = 10^\circ C$ $t_f = 50^\circ C$

TANQUE AGUAS ACEITOSAS	$V_{TL} = 15 m^3$		156.750 kcal/h	$315,66 \text{ kg/h}$	$\tau = 2h$ $t_i = 10^\circ\text{C} \quad t_f = 50^\circ\text{C}$
	Serpentín:	$L = 103,45m$ $D_{int} = 3,60cm = 1,4"$			
COLECTOR DE RETORNOS	$V_{CR} = 0,46 m^3$		$55.673,8 \text{ kcal/h}$	$112,11 \text{ kg/h}$	$\tau = 2h$ $t_i = 20^\circ\text{C} \quad t_f = 100^\circ\text{C}$
	Serpentín:	$L = 74,86m$ $D_{int} = 2,10cm = 0,8"$			
CALENTADOR COMBUSTIBLE MOTOR PRINCIPAL	Flujo continuo con intercambiador		$38.511,2 \text{ kcal/h}$	$77,55 \text{ kg/h}$	
PLANTA SEPARADORA DE ACEITE LUBRICANTE	$G_{Dep. Ace} = 3.717,9 \text{ l/h}$		$39.436,3 \text{ kcal/h}$	$79,42 \text{ kg/h}$	$\tau = 16h$ $t_i = 66^\circ\text{C} \quad t_f = 81^\circ\text{C}$ 3 pasadas
	Serpentín:	$L = 368,70m$ $D_{int} = 1,80cm = 0,7"$			
PLANTA SEPARADORA FUEL OIL	$G_{Dep. Fuel} = 3.000 \text{ l/h}$		57.960 kcal/h	$116,72 \text{ kg/h}$	Alfa Laval SA 836 $\tau = 14h$
	Serpentín:	$L = 67,97m$ $D_{int} = 1,10cm = 0,4"$			
AGUA CALIENTE SANITARIA	$V_{ACS} = 0,786 m^3$		5.872 kcal/h	$11,80 \text{ kg/h}$	$\tau = 4h$
	Serpentín:	$L = 21,64m$ $D_{int} = 0,7cm = 0,3"$			
					Vacio del 95%



EVAPORADOR	Caudal de producción $G_v = 916,67 \frac{kg}{h}$		$536.939,45 \frac{kcal}{h}$	$1081,27 \frac{kg}{h}$	Producción de 22 tons/día
TANQUES DE CARGA	1-2	V = 1445 m ³ cada uno (x6) Serpentín: L = 352,55 m D _{int} = 9,51 cm = 3,75"	$Q_{1-2} = 1.097.327,536 \frac{kcal}{h}$	Cantidad de vapor necesaria para la totalidad de los tanques de carga $M_v = 7673,30 \frac{Kg_v}{h}$	$r = 35h$ $t_i = 30^\circ C \quad t_e = 90^\circ C$
	3-4	V = 1445 m ³ cada uno Serpentín: L = 351,08 m D _{int} = 9,47 cm = 3,7"	$Q_{3-4} = 1.088.296,286 \frac{kcal}{h}$		
	5-6	V = 1445 m ³ cada uno Serpentín: L = 351,08 m D _{int} = 9,47 cm = 3,7"	$Q_{5-6} = 1.088.296,286 \frac{kcal}{h}$		
	7-8	V = 775,96 m ³ cada uno (X2) Serpentín: L = 259,429 m D _{int} = 6,9976 = 2,7"	$Q_{7-8} = 593.427,81 \frac{kcal}{h}$		
UNIDAD DE CLIMATIZACIÓN	Volumen de habitación a climatizar de 4.888 m ³ $C_{aire} = 73.320 \frac{m^3}{h}$		$q = 387.029,05 \frac{kcal}{h}$	$779,39 \frac{kg_v}{h}$	15 renovaciones/hora $t_{ext} = -8^\circ C$ $t_{int} = 21^\circ C$

Esquema (I) --Cuadro resumen



		NAVEGACIÓN		PUERTO	
ELEMENTOS EN SERVICIO	CONSUMO MÁX UNITARIO (Kg _v /h)	Ks	CONSUMO EFECTIVO (Kg _v /h)	Ks	CONSUMO EFECTIVO (Kg _v /h)
T. Almacén 1	679,7	0,8	543,76	0,8	543,76
T. Almacén 2	679,7	0,8	543,76	0,8	543,76
T. Almacén 3	668,84	0,8	535,07	0,8	535,07
T. Almacén 4	668,84	0,8	535,07	0,8	535,07
T. Servicio Diario 1	103,83	0,8	83,06	0,5	51,91
T. Servicio Diario 2	95,05	0,8	76,04	0,5	47,52
T. Sedimentación Fuel-Oil	122,04	0,8	97,63	0,5	61,02
T. Reboses y Derrames	103,20	0,5	51,60	0	0
T. de Lodos	315,66	0,5	157,83	0	0
T. Aguas Aceitosas	315,66	0,5	157,83	0	0
Colector de Retornos	112,11	0,5	56,05	0,2	22,42
Calentador Fuel-Oil	77,55	1,0	77,55	0,2	38,77
Calentador de Purificadoras de Fuel	116,72 x 2	1,0	233,44	0	0
Calentador de Purificadoras de Aceite	79,42 x 2	1,0	158,84	0	0
T. Carga	7376,30	0,8	5901,04	0,8	5901,04
Climatización	779,39	0,7	545,57	0,7	545,57
Calentador Agua Caliente Sanitaria	11,8	0,5	5,9	0,5	5,9



Evaporador	1 081,27	0,5	540,63	0	0
-------------------	----------	-----	--------	---	---

Esquema (II) –Balance térmico

TOTAL NAVEGACIÓN: 10.300,67 Kg_v/h

TOTAL PUERTO 8831,811 Kg_v/h

6.0. Calderas a Instalar, Características y Situación a Bordo

Una vez constatados los hechos, y a su vez, estudiado el balance térmico que justifica todos y cada uno de los gastos/consumos de vapor que tenemos a bordo de nuestro buque proyectado, podemos afirmar:

- La cantidad de vapor que se necesita en navegación, como es lógico, es mayor que la que se utilizará en puerto y mayor que la cantidad de vapor proporcionada por los gases de escape de motor principal. Por este motivo, además de instalar una caldera de gases de exhaustación con capacidad de producir 2.742 Kgh instalaremos una planta formada por 2 calderas capaces de dar 5.000 Kgvh para así, satisfacer las necesidades del buque sin tener que trabajar a más de un 85 % de carga, este *valor* se adopta por motivos de seguridad y vida en servicio de los equipos.
- Necesidades del buque:

A. PUERTO: $8.831.81 \text{ Kgvh}$

B. NAVEGACIÓN: $10.300,67 \text{ Kgvh} - 2.742 \text{ Kgvh} = 7.558,67 \text{ Kgvh}$

6.1. Calderas a Instalar Características y Disposición a Bordo

Para llevar a cabo este objetivo a continuación en las figuras 51,52 y 53 se describe el tipo de caldera a utilizar con sus principales características. Además, en las figuras 54, 55 y 56 podemos observar su disposición a bordo.

El modelo de caldera a instalar es una ATTSU HH 5000, caldera pirotubular que posee las siguientes características básicas:

calderas de vapor HH <small>tabla de características</small>																
Caldera modelo	HH	2.000	2.500	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	10.000	12.000	14.000	16.000	18.000	20.000	
Producción de vapor	kg/h	2.000	2.500	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	10.000	12.000	14.000	16.000	18.000	20.000	
Potencia térmica	10 ³	113	142	171	227	283	340	407	526	643	764	939	1.075	1.226	1.380	
	kW	1.134	1.421	1.695	2.274	2.837	3.400	4.074	5.267	6.543	7.844	9.391	10.674	12.156	13.647	
	kg/h x 1.000	1.204	1.520	1.836	2.448	3.060	3.672	4.284	5.354	6.524	7.837	9.328	10.637	12.141	13.644	
	kg/h x 1.000	1.174	1.467	1.760	2.344	2.928	3.512	4.096	5.166	6.336	7.650	9.071	10.408	11.902	13.371	
Consumo de combustible ***	Gasóleo - Light Oil (0,900 kg/l)	kg/h	141	176	211	283	340	407	474	595	720	840	990	1.120	1.260	
	Gasóleo - Heavy Oil (0,940 kg/l)	kg/h	138	173	208	280	337	404	471	592	713	834	984	1.114	1.254	
	Gas natural (1,14 kWh/kg)	kg/h	130	165	199	269	326	393	460	581	692	813	975	1.137	1.299	
	Gas natural (1,14 kWh/kg)	kg/h	130	165	199	269	326	393	460	581	692	813	975	1.137	1.299	
	Propano - LPG (1,14 kWh/kg)	kg/h	130	165	199	269	326	393	460	581	692	813	975	1.137	1.299	
Peso en transporte	caldera de 0,5 bar	kg	9	12	15	19	23	28	33	42	51	60	72	84	96	
Subpresión Vapor	valor	4	5	6	8	9	11	13	15	19	23	27	33	39	45	
	mm.c.a.	40	50	60	80	90	110	130	150	190	230	270	330	390	450	
	atm	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,9	2,3	2,7	3,3	3,9	4,5	

Ilustración 48: Caldera a utilizar/ características

Fuente: [11]

Dimensiones	A	mm	2.750	2.750	2.750	3.100	3.100	3.250	3.250	3.500	3.700	3.800	3.950	4.050	4.200
B ***	mm	4.550	5.050	5.700	5.750	6.850	6.850	7.050	7.750	8.250	9.100	10.450	11.100	11.100	11.400
	mm	2.550	2.550	2.550	2.900	2.900	3.100	3.100	3.400	3.600	3.700	3.850	3.950	3.950	3.950
	mm	900	900	1.000	1.100	1.000	1.100	1.200	1.400	1.400	1.400	1.600	1.600	1.600	1.600
	mm	2.650	4.750	4.700	4.750	5.850	5.850	6.600	7.250	7.800	7.700	8.450	9.100	9.100	9.600
	mm	2.150	2.150	2.150	2.500	2.500	2.500	2.700	2.700	2.750	2.750	2.850	2.850	2.850	2.850
C	mm	400	400	450	500	550	600	650	700	800	850	900	950	1.000	1.050
	mm	300	300	300	350	350	350	350	350	400	450	450	450	450	450
	mm	1.950	2.450	2.950	2.750	3.750	3.750	4.250	4.950	5.150	4.950	5.650	6.250	6.250	6.750
	mm	1.550	1.550	1.550	1.850	1.850	1.850	2.050	2.050	2.000	2.250	2.450	2.650	2.650	2.650
	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
D (interiores) >	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
E (interiores) >	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
F (interiores) >	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950
	mm	2.750	3.250	3.750	3.450	4.650	4.650	5.350	6.050	6.250	6.150	6.850	7.450	7.450	7.950

Ilustración 49: Caldera a utilizar/ medidas principales

Fuente: [11]

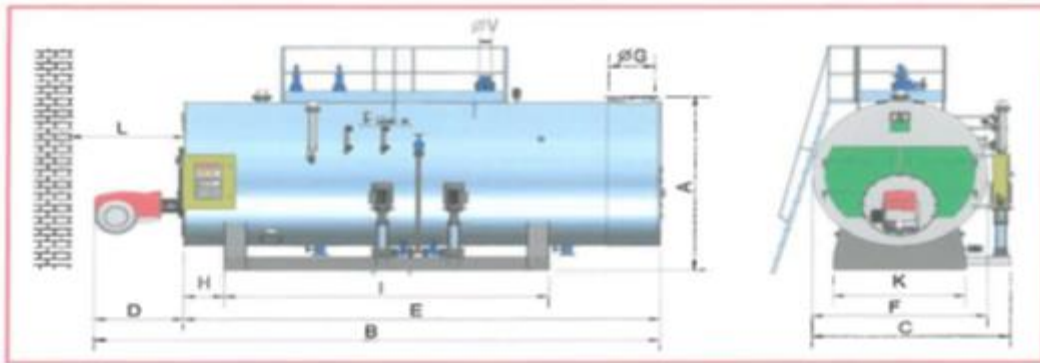


Ilustración 50: Caldera a utilizar/ medidas principales (II)

Fuente: [11]

En cualquier caso, para más información se adjunta manual de dicho equipo en el **Anexo de este proyecto**.

Continuando con el estudio de las características de la caldera, ahora veremos el posicionamiento a bordo, el cual se muestra en las siguientes figuras.

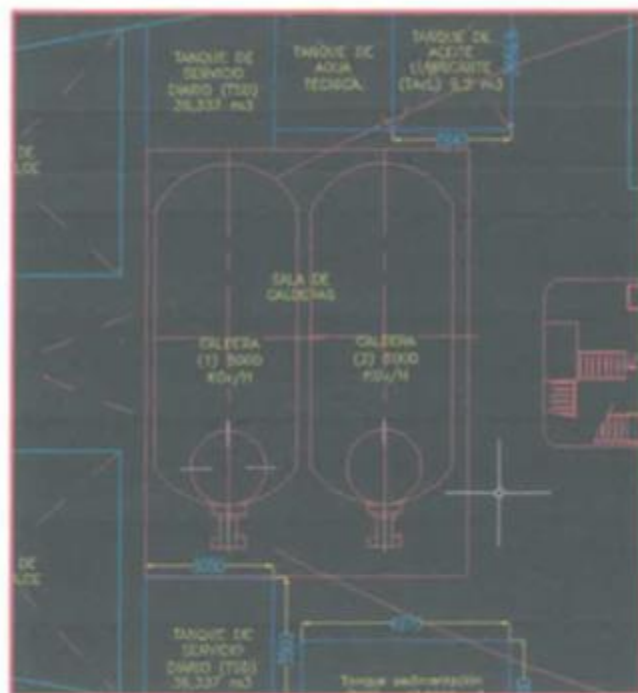


Ilustración 51: Caldera a utilizar/ Disposición a bordo (cubierta tanques de carga)

Fuente: elaboración propia

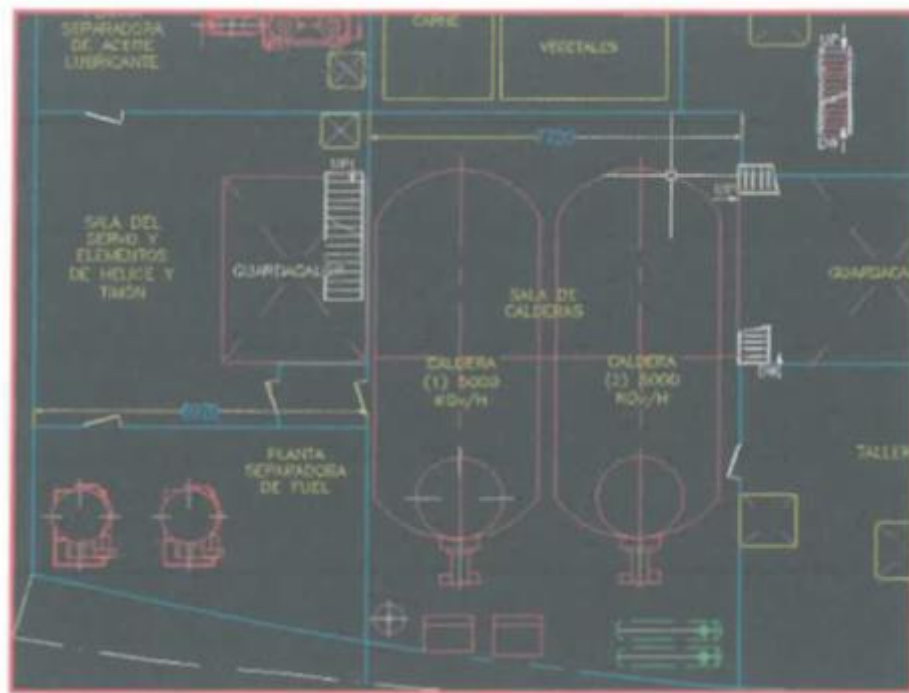


Ilustración 52: Caldera a utilizar/ Disposición a bordo (cubierta principal)

Fuente: elaboración propia

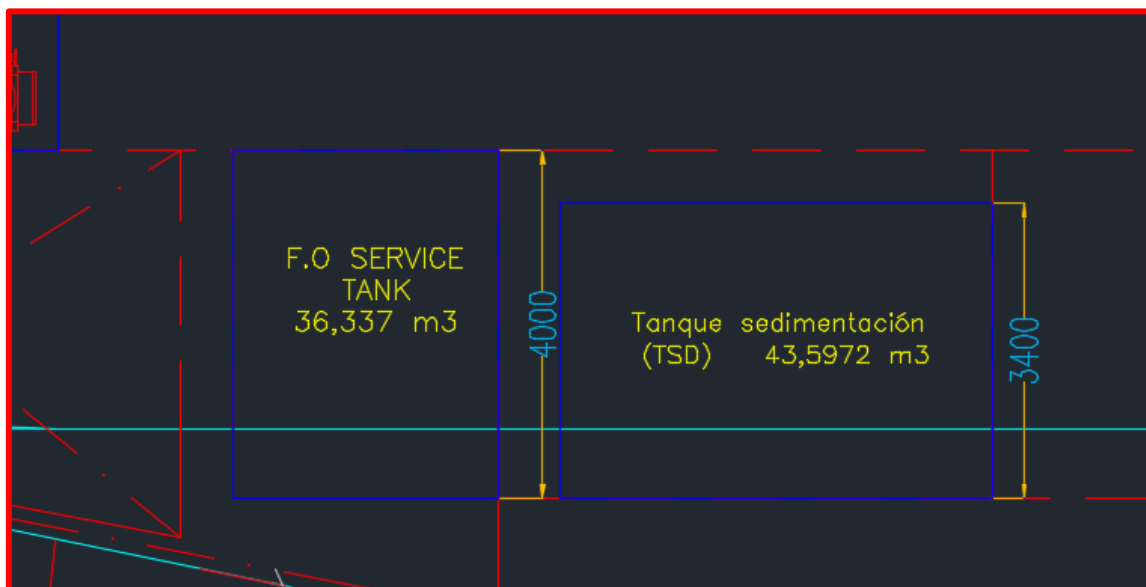


Ilustración 53: Caldera a utilizar/ Disposición a bordo (vista alzada/ estribor)

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar, debido a las dimensiones de las calderas, la sala de calderas ocupa 2 cubiertas, empezando en la de tanques de carga y acabando en la cubierta principal.

6.2. Caldera de Gases de Exhaustación a Utilizar, Características y Disposición a Bordo

Debido a nuestras necesidades de vapor, para la instalación de la caldera de gases de exhaustación, o caldereta en términos genéricos, utilizaremos el equipo Aalborg OC-TC de Alfa Laval, a continuación en las figuras 57,58 y 59 se describe el tipo de caldera a utilizar con sus principales características, así como su disposición a bordo.

En el Anexo IV, se adjunta el manual de uso- características de dicho equipo,

Design data	Ship types
<ul style="list-style-type: none">○ Thermal output: up to 4.6 MW○ Steam capacity: Up to 6.5 t/h from the oil-fired section○ Up to 5 t/h from the exhaust gas section○ Design pressure: 9 bar(g)	<ul style="list-style-type: none">○ Container ship○ Bulk Carrier○ LNG/LPG tanker○ Chemical/oil products tanker

Ilustración 54: Caldera a utilizar/ Gases de escape/ características básicas

Fuente: [11]



Ilustración 55: Caldera a utilizar/ Gases de escape/ esquema

Fuente: [11]

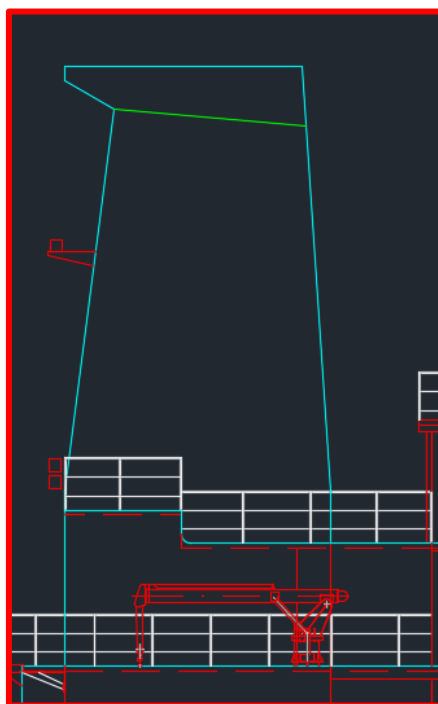
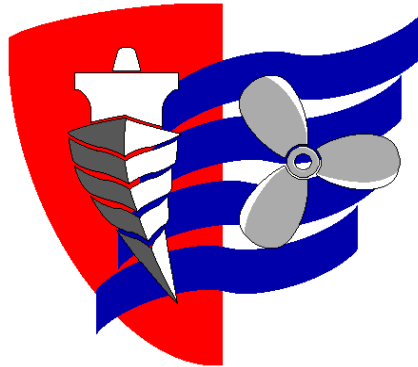


Ilustración 56: Caldera a utilizar/ Gases de escape/ Situación a bordo.

Fuente: elaboración propia

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

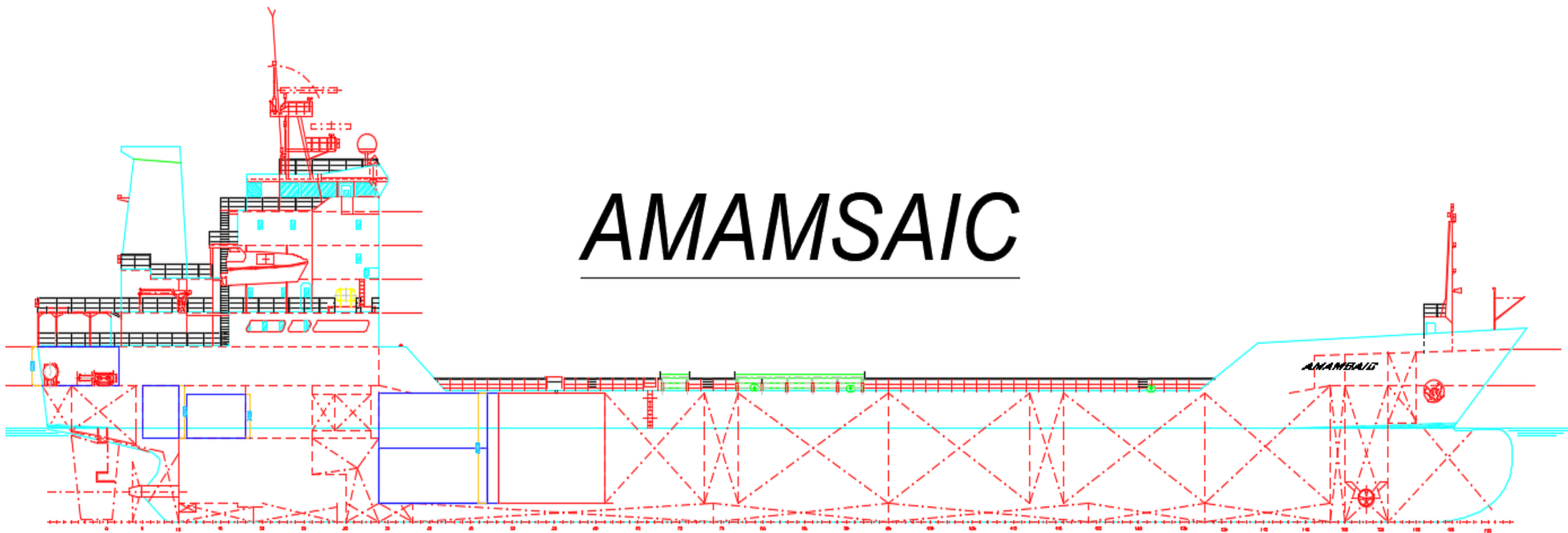
CAPITULO III: PLANOS

Para acceder al Título de Grado en

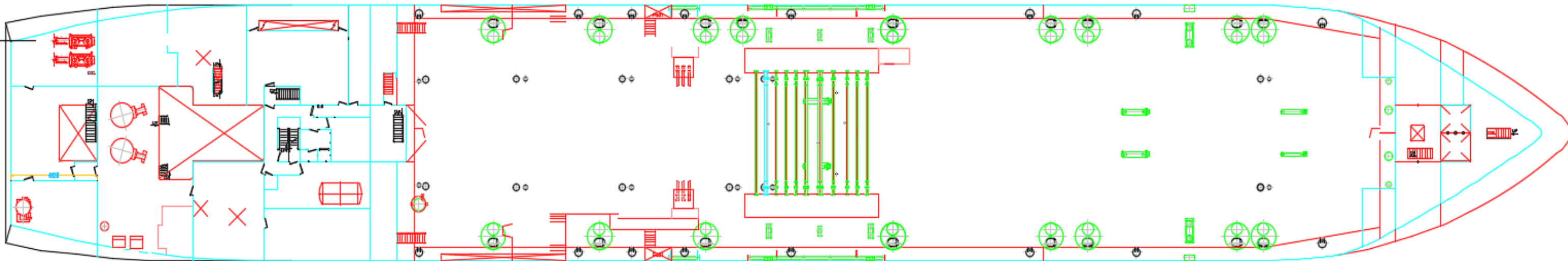
INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO– 2021

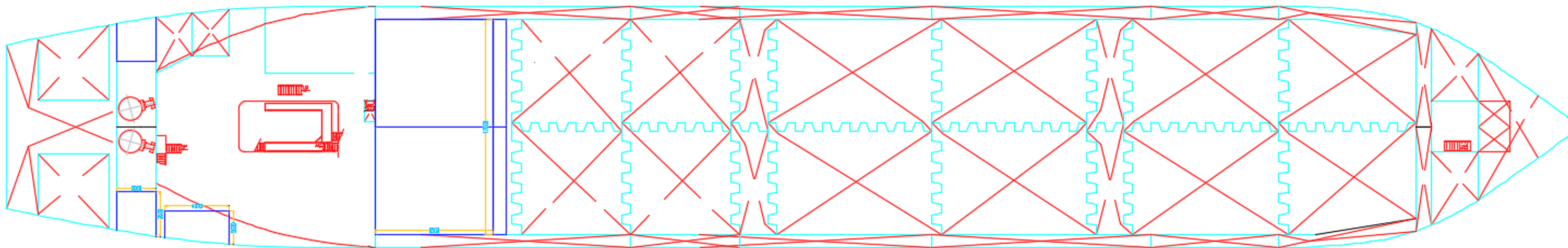
AMAMSAIC



LONGITUDINAL VIEW



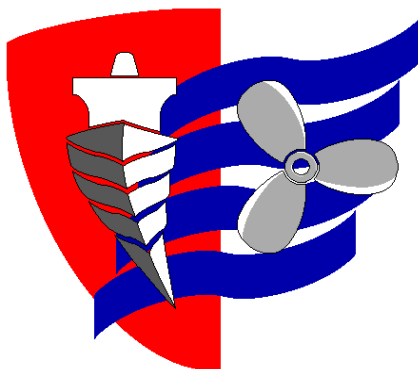
MAIN DECK



CARGO TANKS
BELOW MAIN DECK

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

CAPITULO IV: PLIEGO DE CONDICIONES

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO– 2021

7.0. PLIEGO DE CONDICIONES

7.1. Pliego de Condiciones Generales.

El presente pliego de condiciones tiene por objeto definir al astillero, y a las diferentes empresas subcontratadas el alcance de trabajo y la ejecución cualitativa del mismo.

Determina los requisitos a los que se debe ajustar el diseño y la ejecución de la instalación del servicio de llenado y trasiego de combustible del buque referido en la memoria.

7.1.1. Condiciones Generales

En particular se deberá cumplir lo dispuesto en la norma UNE 24042

"Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente pliego.

El Astillero está obligado al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación de un seguro obligatorio, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicte.

En particular deberá cumplir lo dispuesto en la norma UNE 24042 "Contratación de obras. Condiciones generales" siempre que no lo modifique el siguiente pliego. Además, toda equipación y elementos que se instalen deberán cumplir con la normativa vigente que les afecte.

A continuación, se detallan los requisitos de los mandos y

responsabilidades. Jefe de obra:

El contratista dispondrá a pie de obra de un técnico cualificado, quien ejercerá como jefe de obra, controlará y organizará los trabajos objeto del proyecto, siendo el interlocutor válido frente a la propiedad

Vigilancias:

El contratista será el único responsable de la vigilancia de los trabajos que tenga contratados hasta su recepción provisional

Limpieza:

El contratista mantendrá en todo momento el recinto de la obra tales como; Los alrededores del dique, muelles y talleres limpios a medida que se desarrollen los trabajos. Además, será el responsable de la gestión de los residuos generados.

Al abandonar el trabajo cada día deberá dejarse el puesto y las zonas de trabajo ordenadas.

Al finalizar la obra, esta se entregara completamente limpia, libre de herramientas andamiajes y materiales sobrantes.

Subcontratación:

El contratista podrá subcontratar parcialmente las obras contratadas, en todo caso el contratista responderá ante la Dirección Facultativa de la Obra y la Propiedad de la labor de sus subcontratistas como si fuese labor propia.

Durante la ejecución de las obras, la Propiedad podrá recusar a cualquiera de los subcontratistas que no realice las obras adecuadamente, tanto en calidad como en plazo, lo que notificará por escrito al Contratista. Este deberá sustituir al subcontratista sin que dicho cambio pueda originar derecho a compensación alguna en cuanto a precio o plazo de obra.

7.1.2. Reglamentos y Normas

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los reglamentos de seguridad y normas técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalación, tanto de ámbito nacional o autonómico, así como todas las otras que se establezcan en la memoria descriptiva del mismo.

Se adaptarán además a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicaciones por los reglamentos y normas citadas.

7.1.3. Materiales

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, así como las relativas a la conservación de los mismos atendiendo a las particularidades de un medio hostil como es el marino.

Toda especificación o característica de materiales que figuren en cualquier documento del proyecto, aun sin figurar en los restantes es igualmente obligatoria. En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, aun sin figurar en los restantes es igualmente obligatoria.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el astillero que realiza las obras tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al técnico director de obra, quien decidirá sobre el particular.

7.1.4. Recepción del Material

El director de obra de acuerdo con el astillero dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta. La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del astillero.

Control de calidad:

Correrá por cuenta del contratista el control de Calidad de la obra de acuerdo a la legislación vigente. El control de la calidad comprenderá los siguientes aspectos:

- Control de materias primas.
 - Control de equipos o materiales suministrados a obra.
 - Calidad de ejecución de las obras (construcción y montaje).
- Una vez adjudicada la oferta el contratista enviara a la dirección facultativa el Programa Garantía de Calidad de la obra. Todos los materiales deberán ser, como mínimo, de la calidad y características exigidas en los documentos del proyecto.
- Si en cualquier momento durante la ejecución de las obras o durante el período de garantía, la Dirección del Proyecto detectase que algún material o unidad de obra no cumple con los requisitos de calidad exigidos, podrá exigir al contratista su demolición y posterior reconstrucción. Todos los costes derivados de estas tareas serán por cuenta del Contratista, quien no tendrá derecho a presentar reclamación alguna por este concepto.
- **Muestras:**
- El contratista, en este caso el armador, deberá presentar para su aprobación, muestras de los materiales a utilizar con la antelación suficiente para no retrasar el comienzo de la actividad correspondiente, la dirección del proyecto tiene un plazo de tres días para dar su visto

bueno o para exigir el cambio si la pieza presentada no cumpliera todos los requisitos. Si las muestras fueran rechazadas,

- El contratista deberá presentar nuevas muestras, de tal manera que el plazo de aprobación por parte de la dirección de obra no afecte al plazo de ejecución de la obra. Cualquier retraso que se origine por el rechazo de los materiales será considerado como imputable al Contratista

7.1.5. Organización

El astillero actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades que le correspondan y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas y en general, a todo cuanto legisle en decretos u órdenes sobre el particular ante o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el pliego de condiciones, la organización de la obra así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen estará a cargo del astillero a quien le corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares que el astillero considere oportuno llevar a cabo y que no estén reflejados en el presente, solicitará la aprobación previa del director de obra, corriendo a cuenta propia del astillero.

7.1.6. Ejecución de las Obras

En el plazo máximo de los trabajos propuestos en el proyecto para esta obra es de 340 días hábiles a partir de la adjudicación definitiva al Astillero, se comprobarán en presencia del Director de Obra, de un representante del Astillero y del armador del barco, el replanteo de las obras efectuadas antes de la licitación, extendiéndose la correspondiente Acta de Comprobación del Reglamento.

Dicho Acta, reflejará la conformidad del replanteo a los documentos contractuales, refiriéndose a cualquier punto, que, en caso de disconformidad, pueda afectar al cumplimiento del contrato. Cuando el Acta refleje alguna variación respecto a los documentos contractuales del proyecto, deberá ser acompañada de un nuevo presupuesto valorado a los precios del contrato

El astillero presentará el programa de trabajo de la obra, ajustándose a lo que sobre el particular especifique el director de obra, siguiendo el orden de obra que considere oportuno para la correcta realización de la misma, previa notificación por escrito a lo mencionado anteriormente.

Cuando en el programa de trabajo se deduzca la necesidad de modificar cualquier condición contractual, dicho programa deberá ser redactado contradictoriamente por el astillero y el director de obra, acompañándose la correspondiente modificación para su tramitación.

El director de proyecto está obligado a confirmar a los superiores del astillero el comienzo de los trabajos.

La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el presente proyecto y así se comunicará a la dirección del astillero.

Cuando el ritmo de trabajo establecido por el presente proyecto, no sea el normal, se podrán exigir responsabilidades al director de la obra.

7.1.7. Interpretación y Desarrollo del Proyecto

La interpretación técnica de los documentos del proyecto corresponde al técnico Director de Obra. El astillero está obligado a someter a este a cualquier duda, aclaración o discrepancia que surja durante la ejecución de la obra por causa del proyecto, o circunstancias ajenas, siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto con el fin de dar la solución lo antes posible.

El astillero se hace responsable de cualquier error motivado por la omisión de esta obligación y consecuentemente deberá rehacer a su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del proyecto. El astillero está obligado a realizar todo cuanto sea necesario para la buena ejecución de la obra aun cuando no se halle explícitamente reflejado en el pliego de condiciones en los documentos del proyecto.

El astillero notificará por escrito o en persona directamente al director de obra y con suficiente antelación las fechas en que quedarán preparadas para la inspección cada una de las partes de la obra para las que se ha indicado necesidad o conveniencia de las mismas o para aquellas que parcial o totalmente deban quedar ocultas.

De las últimas unidades de obra que deban quedar ocultas, se tomarán antes de ello, los datos precisos para su medición, a los efectos de liquidación y que sean suscritos por el técnico director de obra de hallarlos correctos. Si no se diese el caso, la liquidación se realizará en base a los datos o criterios de medición aportados por este.

7.1.8. Variaciones del Proyecto

No se consideran como mejoras o variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por el director de obra sin verificación del importe contratado.

7.1.9. Obras Complementarias

El astillero tiene obligación de realizar todas las obras complementarias que sean indispensables para ejecutar cualquiera de las unidades de obra específicas en cualquiera de los documentos del proyecto, aunque en el mismo no figuren explícitamente mencionadas dichas complementarias, todo ello son variación del importe contratado.

7.1.10. Modificaciones

El astillero está obligado a realizar las obras que se encarguen resultantes de las posibles modificaciones del proyecto, tanto en aumento como en disminución o simplemente en variación.

El director de obra está facultado para introducir las modificaciones que considere oportunas de acuerdo a su criterio, en cualquier unidad de obra, durante la ejecución de los trabajos, siempre que cumpla las condiciones técnicas referidas al proyecto y de modo que no varíe el importe total de la obra.

El astillero no podrá, en ninguna circunstancia, hacer alteración alguna de las partes del proyecto sin autorización expresa del director de la obra. Tendrá obligación de deshacer toda clase de obra que no se ajuste a las condiciones expresadas en este documento.

7.1.11. Obra Defectuosa

Cuando el astillero halle cualquier unidad de obra que no se ajuste a lo especificado en el proyecto o en este pliego de condiciones, el director de obra deberá tomar las decisiones que le correspondan para repararlo.

7.1.12. Medios Auxiliares

Serán por cuenta del astillero todos los medios y maquinarias auxiliares que sean necesarias para la ejecución de la obra. En el uso de los mismos, estará obligado a cumplir todos los reglamentos de seguridad e higiene en el trabajo vigentes y a utilizar los medios de protección adecuados para sus operarios.

7.1.13. Conservación de las Obras

Es obligación del astillero la conservación en perfecto estado de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la recepción definitiva por la propiedad y corren a su cargo los gastos derivados de ello.

7.1.14. Subcontratación de Obras

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que, de su naturaleza y condiciones se deduzca que la obra ha de ser ejecutada directamente por el astillero, podrá este concretar con terceros la realización de determinadas unidades de obra, previo conocimiento por escrito al director de obra

7.1.15. Recepción de las Obras

Una vez terminadas las obras, tendrá lugar la recepción provisional y para ello se practicará en ellas un detenido reconocimiento por el Director de Obra y la propiedad en presencia del Astillero, levantando acta y empezando a correr desde ese día el plazo de garantía si se hallan en estado de ser admitidas.

De no ser admitidas, se hará constar en el acta y se darán instrucciones al Astillero para subsanar los defectos observados, fijándose un plazo para ello, expirando el cual se procederá a un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional, sin que esto suponga gasto alguno para la propiedad.

El plazo de garantía será como mínimo de un año, contando de la fecha de la recepción provisional, o bien el que establezca el contrato también contado desde la misma fecha. Durante este periodo, queda a cargo del astillero la conservación de las obras y arreglos de desperfectos derivados de una mala construcción o ejecución de la instalación.

7.1.16. Contratación de Astillero

El conjunto de las instalaciones que realizará el astillero se decidirá una vez estudiado el proyecto y comprobada su viabilidad.

7.1.17. Contrato

El contrato se formalizará mediante contrato privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, estas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el proyecto técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el astillero como el director de obra deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

7.1.18. Responsabilidades

El astillero será el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el proyecto y en el contrato. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la desinstalación de las partes mal ejecutadas y a su reinstalación correcta, sin que sirva de excusa que el director de obra haya examinado y reconocido las obras.

El astillero es el único responsable de todas las contravenciones que se cometan (incluyendo su personal) durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas. También es responsable de los accidentes o daños que, por errores, inexperiencia o empleo de los métodos inadecuados, se produzcan a la propiedad, a los vecinos o terceros en general.

El astillero es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral respecto su personal y por lo tanto, de los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

7.1.19. Rescisión de Contrato

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

1. Quiebra del Astillero
2. Modificación del Proyecto con una alteración de más de un 25%
3. Modificación de las unidades de obra sin autorización previa.
4. Suspensión de las obras ya iniciadas.
5. Incumplimiento de las condiciones del contrato cuando fue de mala fe.
6. Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse acabado
7. Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
8. Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin autorización del Director de Obra y del Propietario.

7.2. Pliego de Condiciones Económicas.

7.2.1. Mediciones y Valoraciones de las Obras

El astillero verificará los planos y efectuará las mediciones correspondientes. En caso de hallar anomalías reclamará al director de obra.

El astillero se pondrá de acuerdo con el director de obra, volviendo a verificar las anomalías y en su caso se tomarán las medidas oportunas. Tal fin pretende asegurar la continuidad de las obras, sin que falte material para su ejecución y evitando de esta forma posibles retrasos.

7.2.2. Abono de las Ofertas

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos en que se abonarán las obras realizadas. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

7.2.3. Precios

El astillero presentará, la relación de los precios de las unidades de obra que integran el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aun los complementarios y los materiales, así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos repercutibles.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto *se fijará su precio entre el director de obra y el astillero, antes de iniciar la obra.*

7.2.4. Revisión de precios.

En el contrato se establecerá si el Astillero tiene derecho a revisión de precios y la fórmula a aplicar para calcularla. En defecto de esta última, se aplicará a juicio del Director de Obra alguno de los criterios oficiales aceptados.

7.2.5. Precios contradictorios.

Si por cualquier circunstancia se hiciese necesaria la determinación de algún precio contradictorio, el director de obra lo formulará basándose en los que han servido para la formación del presupuesto de este proyecto.

7.2.6. Penalizaciones por Retrasos

Por retrasos en los plazos de entrega de las obras, se podrán establecer tablas de señalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato. Estas cuantías podrán, bien ser cobradas a la finalización de las obras, bien ser descontadas de la liquidación final.

7.2.7. Liquidación en Caso de Rescisión del Contrato

Siempre que se rescinda el contrato por las causas anteriormente expuestas, o bien por el acuerdo de ambas partes, se abonarán al Astillero las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato, llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación, el periodo de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de la nueva adjudicación.

7.2.8. Fianza

En el contrato se establecerá la fianza que el Astillero deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de la obra realizada.

De no estipularse la fianza en el contrato, se entiende que se adoptará como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta citados.

En el caso de que el Astillero se negase a realizar por su cuenta los trabajos por ultimar la obra en las condiciones contratadas o atender la garantía, la propiedad podrá ordenar ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con cargo a la retención o fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la propiedad si el importe de la fianza no bastase.

La fianza retenida se abonará al Astillero en un plazo no superior a treinta días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

7.2.9. Gastos Diversos por Cuenta del Astillero

El astillero tiene la obligación de montar y conservar por su cuenta el adecuado suministro de elementos básicos como agua, energía eléctrica y cuanto uso personal para las propias obras sea preciso.

Son gastos por cuenta del astillero, los correspondientes a los materiales, mano de obra y medios auxiliares que se requieren para la correcta ejecución de la obra.

7.2.10. Conservación de las Obras Durante el Plazo de Garantía

Correrán por cuenta del astillero los gastos derivados de la conservación de las obras durante el plazo de garantía. En este periodo, las obras deberán estar en perfectas condiciones, condición indispensable para la recepción definitiva de las mismas.

7.2.11. Medidas de Seguridad

El astillero deberá cumplir en todo momento las leyes y regulaciones relativas a la seguridad e higiene en el trabajo. El incumplimiento de éstas, será objeto de sanción, siguiendo las especificaciones redactadas en el contrato, donde vendrán reflejadas las distintas cuantías en función de la falta detectada.

7.2.12. Responsabilidad por Daños

La propiedad tiene concertada una póliza de responsabilidad civil por daños causados a terceros, en el que figura el astillero como asegurado. Este seguro asegura la responsabilidad civil de los daños causados accidentalmente a terceros con motivo de las obras.

En dicha póliza queda garantizada la responsabilidad civil que pueda ser exigida al astillero por daños físicos y materiales causados a terceros por los empleados del mismo.

Queda no obstante excluida toda prestación que deba ser objeto de seguro obligatorio de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la seguridad social, a los cuales, en ningún caso, esta póliza podrá sustituir y complementar.

Igualmente quedan excluidas las sanciones de cualquier tipo tanto las multas, como los recargos en las indemnizaciones exigidas por la legislación laboral

7.2.13. Demoras

Al encargarse el trabajo, se fijará por ambas partes, el programa con la fecha de inicio y de terminación.

El Astillero pondrá los medios necesarios para ello, que deberán ser aceptados por la propiedad.

Solo se considerarán demoras excusables los retrasos o interrupciones imputables a causas de fuerza mayor, tales como huelgas generales, catástrofes naturales etc.

En el caso de que el Astillero incurra en demoras no excusables, le serán aplicadas las siguientes sanciones:

- Por retraso en la incorporación del personal y otros medios necesarios para la finalización del trabajo: desde un 1% hasta un máximo de 5% por día de retraso.
- Por retraso en la finalización de los trabajos o retrasos en los trabajos intermedios que expresamente se indiquen: desde un 1% de la facturación de estos encargos con un tope de un 5% por cada día de retraso.
- Por incumplimiento en la limpieza y orden de las instalaciones: 300€ la primera vez, aumentando en otros 300€ las sucesivas hasta un máximo de tres veces, a partir de la cual se procederá a restituir por la propiedad las condiciones de limpieza y orden, cargando el coste al Astillero

7.3. Pliego de Condiciones Económicas.

7.3.1. Normas a Seguir

Las obras a realizar estarán de acuerdo y se regirán por las siguientes normas, además de lo descrito en este pliego de condiciones:

Reglamentación General de contratación según decreto 3410/75, del 25 de Noviembre, artículo 1588 y siguientes del código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato que se trate.

Ordenanzas Generales de seguridad e Higiene en el trabajo, aprobada por orden 9/3/71 del Ministerio de Trabajo.

Normales UNE y otras normas mencionadas en el apartado de normativa de este proyecto.

7.3.2. Personal.

El astillero será el responsable de adjudicar un Jefe de Proyecto quien tendrá la responsabilidad de decidir los recursos necesarios para la ejecución de las obras, siempre cumpliendo con los estándares técnicos y de calidad fijados en este pliego de condiciones.

Además, será el Nexo de unión entre el Director de obra (Armador) y el astillero.

7.3.3. Condiciones de los Materiales Empleados

Describiremos de la forma más completa posible, las condiciones que deben de cumplir los materiales que se emplearán en la construcción del proyecto, siendo los más adecuados para su correcto resultado final.

7.3.4. Admisión y Retirada de Materiales

Todos los materiales empleados en este proyecto, y de los cuales se hará mención, deberán ser de la mejor calidad conocida dentro de su clase.

No se procederá al empleo de los materiales sin que estos sean examinados y aceptados en los términos que prescriben las respectivas condiciones estipuladas para cada clase de material. Esta misión será efectuada por el director de obra.

Se cumplirán todos los análisis y pruebas con los materiales e instrumentos de obra que ordene el director de obra.

7.3.5. Reconocimientos y Ensayos Previos.

Cuando lo estime oportuno el director de obra, podrá encargar y ordenar la comprobación de los materiales, elementos o instalaciones, bien sea en fábrica de origen o en la misma obra, según crea conveniente, aunque estos no estén indicados en el pliego. En el caso de discrepancia, los ensayos o pruebas se efectuarán en el laboratorio que el director de obra designe. Los gastos ocasionados por estas pruebas y comprobaciones, serán por cuenta del astillero.

7.4. Pliego de Condiciones Técnicas.

7.4.1. Aceptación y Rechazo de los Materiales e Instalación

Todos los materiales cumplirán en pruebas, con la norma UNE e ISO que les correspondan y en su defecto, aquellas normas aplicables a cada tipo de material.

El incumplimiento de cada una de las normas será motivo de rechazo del material correspondiente.

7.4.2. Diseño e Instalación de las Tuberías

Después de la construcción e instalación de las tuberías, debe ser posible inspeccionar el interior de los tramos críticos de cada circuito.

El trazado de los circuitos debe diseñarse de forma que se evita la formación de bolsas de aire o líquidos atrapados. A menos que se indique lo contrario, en general todos los puntos más bajos y altos de cada circuito deben equiparse con tomas para purgas y venteos, respectivamente. Los drenajes de las purgas se diseñarán siempre con caída descendente.

Las conexiones de tubería de hasta 42,5 mm de diámetro del circuito de combustible serán con bridas o soldadas. Las conexiones de tubería mayores de 42,5 mm serán siempre con bridas.

Para evitar una baja caída de presión en la aspiración de las bombas y evitar su cavitación, las aspiraciones deberán estar diseñadas lo más cortas y rectas posibles.

Las tuberías de los circuitos externos deberán soportarse correctamente para evitar que se generen vibraciones. Además, deberán estar libres de esfuerzos por flexiones o tensiones en sus puntos de conexión con el motor. Para ello, será necesario instalar amarres, soportes y abrazaderas en las tuberías.

Para evitar que las tensiones y fuerzas generadas en las conexiones de tubería actúen sobre elementos vulnerables como las bombas acopladas, estas tuberías deberán soportarse lo más cerca posible de estas conexiones. Tanto las tuberías como sus soportes deberán dimensionarse de forma que puedan soportar cargas localizadas y circunstanciales muy por encima de la carga de trabajo soportada normalmente, como, por ejemplo, un operario de pie sobre la misma.

En las conexiones de tubería donde se disponga de dilatadores o mangueras flexibles, estos, deberán sujetarse en los dos extremos. La *distancia* entre soportes y la conexión flexible no deberá ser más de cuatro veces el diámetro de la tubería.

7.4.3. Vigilancia, Pruebas y Ensayos

Durante la obra, se inspeccionará la construcción y el montaje de los circuitos de los fluidos, bombas, tuberías y accesorios para comprobar que las instalaciones cumplen con las prescripciones y que se está construyendo conforme a los planos aprobados por el armador/sociedad de clasificación.

Las válvulas en los tanques de combustible:

Todas las tuberías de combustible que salgan del tanque y que, si sufriesen daños, fuesen susceptibles de dejar escapar combustible del tanque, deben contar con una válvula de retención instalada directamente en el tanque. La válvula no debe de ser de fundición, aunque se permite el uso de fundición nodular. La válvula de retención debe disponer de sistemas de cierre tanto in situ como desde un lugar fácilmente accesible y seguro, fuera de la sala de máquinas. Para tanques cuya capacidad esté por debajo de los 500 litros, se puede prescindir del sistema de cierre remoto.

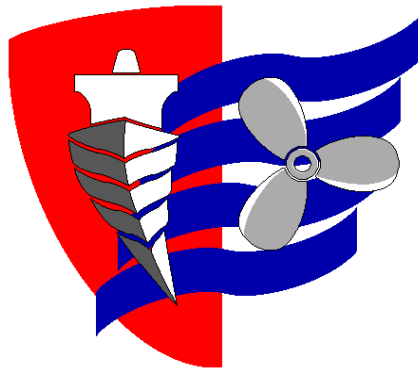
Llenado y rebose:

En general, las líneas de llenado entran por, o se encuentran situadas cerca de la parte superior del tanque, pero si no fuera posible, deberá estar provista de una válvula anti retorno situada en el tanque. Por otra parte, la línea de llenado deberá estar provista de una válvula operable de forma remota.



El drenaje de los tanques de combustible debe ser conducido a un tanque de rebose con un volumen suficiente para dar cabida a dichos reboses (normalmente 10 minutos a la capacidad de la bomba de transferencia). Se instalará una alarma de alto nivel en el tanque de rebose. Las líneas de desbordamiento deben drenarse por sí sola

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

CAPITULO V: PRESUPUESTO

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO– 2021

8. Presupuesto

8.1. Presupuesto de la Oficina Técnica

De acuerdo a las dimensiones de la obra proyectada, podemos constatar que el presupuesto respecto a la oficina técnica / ingeniería queda como sigue:

DEPARTAMENTO	(h)	PRECIO UNITARIO (€/h.)	TOTAL (€)
<i>Oficina técnica</i>	400 h	50	20.000
<i>Ingeniería</i>	500 h	80	40.000
TOTAL			60.000€

Ilustración 57: Presupuesto oficina técnica

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del proyecto

Además, dentro de los costes técnicos, debemos de incluir también:

Costes de oficina, software (licencias) y equipos informáticos.
Microsoft pack (Word, Excell, Powerpoint)
Autocad 2021
Autodesk 2021
Rhinoceros 2021
Cadmatic 2021
Otros costes de oficina técnica.

Todo ello, asciende a un coste TOTAL: 49500 €

Costes de sociedades de clasificación y normativa aplicable serán por cuenta del armador

8.2. Presupuesto de Materiales, Equipos & oOtros

8.2.1. Material Base

Entendemos por material base para el desarrollo del proyecto la estimación de los metros/ TN de tubería necesarios para la ejecución de las obras calculadas. De acuerdo a los cálculos obtenidos y teniendo en cuenta los diferentes diámetros, totalizamos las toneladas de tubería necesarias como: 19 TN.

**Precio por 19 Toneladas de tubería en acero negro (Sin tratamiento):
134.600.00 €**

8.2.2. Material Diverso

Entendemos por material diverso para el desarrollo del proyecto la estimación de los todos los accesorios, como juntas, bridas tornillos y cualquier otro material para el desarrollo de los mismos.

Es de destacar, como se menciona al principio de este documento, que los trabajos de acero no son objeto de este proyecto.

Precio por el material para las 19 TN anteriormente descritas: 79.000.00 €

8.2.3. Equipos

En este apartado, se consideran los equipos necesarios según los requerimientos técnicos del proyecto.

➔ Calderas principales, 2 unidades

Precio por unidad: 123.500.00 €

➔ Calderas de gases de exhaustación 1 unidad

Precio por unidad:68.100.00 €

➔ Separadoras, 2 unidades

Precio por unidad:36.700.00 €

8.2.4. Otros Conceptos.

En este grupo, incluiremos todos aquellos conceptos necesarios para el desarrollo de los trabajos proyectados.

CONCEPTO	TOTAL HORAS	COSTE
Andamios	14500 HRS	720.000.00 €
Servicios (Grúas, gases & otros)	N/A	600.000.00 €
Pintura	10500 HRS	577.500.00 €
Maniobras de equipos	4500 HRS	225.000.00 €
Aislamiento (Mamparos & tubería)	18000 HRS	900.000.00 €
Tratamientos de tubería (Para 19 TN)	N/A	189.000.00 €
Comissioning (incluyendo técnicos)	N/A	90.000.00 €
Equipo de proyecto	14000 HRS	960.000.00 €
Limpiezas	8000 HRS	400.000.00 €

Tabla 12: Otros presupuestos

Fuente: Elaboración propia a partir de datos reales

8.3. Presupuesto de Fabricación & Montaje

8.3.1. Mano de Obra

Para la prefabricación y elaboración de la tubería de este proyecto se han considerado 6 subcontratas diferentes cada una de ellas con una media de 30 operarios, para trabajar con 20 durante el Turno diurno y 10 en turno nocturno. De esta forma, no habrá congestiones en las zonas de trabajo por exceso de personal.

Descrito lo anterior podríamos decir que la mano de obra para la fabricación y montaje de la tubería del buque queda como sigue:

SUBCONTRATA	TURNO DIURNO	TURNO NOCTURNO	TOTAL OPERARIOS	TOTAL HORAS	TOTAL COSTE
<i>SUBCONTRATA 1</i>	20	10	30	7500 HRS	375.000.00
<i>SUBCONTRATA 2</i>	20	10	30	7500 HRS	375.000.00
<i>SUBCONTRATA 3</i>	20	10	30	7500 HRS	375.000.00
<i>SUBCONTRATA 4</i>	20	10	30	7500 HRS	375.000.00
<i>SUBCONTRATA 5</i>	20	10	30	7500 HRS	375.000.00
<i>SUBCONTRATA 6</i>	20	10	30	7500 HRS	375.000.00

Tabla 13: Resumen prefabricación & montaje

Fuente: Elaboración propia a partir de datos reales

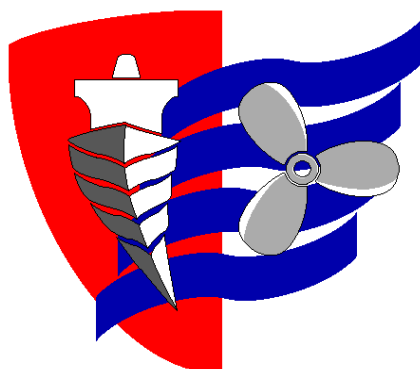
8.3.2. Maquinaria

En este apartado se incluye el alquiler de toda aquella maquinaria necesaria para la elaboración de tubería y soldadura de la misma

El coste de este concepto, atendido a los recursos anteriormente descritos y Para el plazo de ejecución fijado asciende a:

Precio por maquinaria:76.000.0

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

ANEXO I

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO – 2021

Wärtsilä 32

PRODUCT GUIDE



6. Fuel Oil System

6.1 Acceptable fuel characteristics

The fuel specifications are based on the ISO 8217:2017 (E) standard. Observe that a few additional properties not included in the standard are listed in the tables. For maximum fuel temperature before the engine, please refer to technical data which can be found by accessing [Engine Online Configurator](#) available through Wärtsilä's website.

The fuel shall not contain any added substances or chemical waste, which jeopardizes the safety of installations or adversely affects the performance of the engines or is harmful to personnel or contributes overall to air pollution.

6.1.1 Marine Diesel Fuel (MDF)

The fuel specification is based on the ISO 8217:2017(E) standard and covers the fuel grades ISO-F-DMX, DMA, DFA, DMZ, DFZ, DMB and DFB. These fuel grades are referred to as MDF (Marine Diesel Fuel).

The distillate grades mentioned above can be described as follows:

- **DMX:** A fuel quality which is suitable for use at ambient temperatures down to -15°C without heating the fuel. Especially in merchant marine applications its use is restricted to lifeboat engines and certain emergency equipment due to reduced flash point. The low flash point which is not meeting the SOLAS requirement can also prevent the use in other marine applications, unless the fuel system is built according to special requirements. Also the low viscosity (min. 1.4 cSt) can prevent the use in engines unless the fuel can be cooled down enough to meet the min. injection viscosity limit of the engine.
- **DMA:** A high quality distillate, generally designated MGO (Marine Gas Oil) in the marine field.
- **DFA:** A similar quality distillate fuel compared to DMA category fuels but a presence of max. 7,0% v/v of Fatty acid methyl ester (FAME) is allowed.
- **DMZ:** A high quality distillate, generally designated MGO (Marine Gas Oil) in the marine field. An alternative fuel grade for engines requiring a higher fuel viscosity than specified for DMA grade fuel.
- **DFZ:** A similar quality distillate fuel compared to DMZ category fuels but a presence of max. 7,0% v/v of Fatty acid methyl ester (FAME) is allowed.
- **DMB:** A general purpose fuel which may contain trace amounts of residual fuel and is intended for engines not specifically designed to burn residual fuels. It is generally designated MDO (Marine Diesel Oil) in the marine field.
- **DFB:** A similar quality distillate fuel compared to DMB category fuels but a presence of max. 7,0% v/v of Fatty acid methyl ester (FAME) is allowed.

6.1.1.1 Table Light fuel oils

Table 6-1 Distillate fuel specifications

Characteristics	Unit	Limit	Category ISO-F						Test method(s) and references
			DMX	DMA	DFA	DMZ	DFZ	DMB	
Kinematic viscosity at 40 °C ¹⁾	mm ² /s ²⁾	Max	5,500	6,000		6,000		11,00	ISO 3104
		Min	1,400 ³⁾	2,000		3,000		2,000	

Characteristics		Unit	Limit	Category ISO-F								Test method(s) and references
				DMX	DMA	DFA	DMZ	DFZ	DMB	DFB		
Density at 15 °C		kg/m³	Max	-	890,0		890,0		900,0		ISO 3675 or ISO 12185	
Cetane index			Min	45	40		40		35		ISO 4264	
Sulphur ^{b, k)}		% m/m	Max	1,00	1,00		1,00		1,50		ISO 8754 or ISO 14596, ASTM D4294	
Flash point		°C	Min	43,0 ^{l)}	60,0		60,0		60,0		ISO 2719	
Hydrogen sulfide		mg/kg	Max	2,00	2,00		2,00		2,00		IP 570	
Acid number		mg KOH/g	Max	0,5	0,5		0,5		0,5		ASTM D664	
Total sediment by hot filtration		% m/m	Max	-	-		-		0,10 ^{c)}		ISO 10307-1	
Oxidation stability		g/m³	Max	25	25		25		25 ^{d)}		ISO 12205	
Fatty acid methyl ester (FAME) ^{e)}		% v/v	Max	-	-	7,0	-	7,0	-	7,0	ASTM D7963 or IP 579	
Carbon residue – Micro method on 10% distillation residue		% m/m	Max	0,30	0,30		0,30		-		ISO 10370	
Carbon residue – Micro method		% m/m	Max	-	-		-		0,30		ISO 10370	
Cloud point ^{f)}	winter	°C	Max	-16	Report		Report		-		ISO 3015	
	summer			-16	-		-					
Cold filter plugging point ^{f)}	winter	°C	Max	-	Report		Report		-		IP 309 or IP 612	
	summer			-	-		-					
Pour point ^{f)}	winter	°C	Max	-	-6		-6		0		ISO 3016	
	summer			-	0		0		6			
Appearance			-	Clear and bright ^{g)}						^{c)}	-	
Water		% v/v	Max	-	-		-		0,30 ^{c)}		ISO 3733 or ASTM D6304-C ^{m)}	
Ash		% m/m	Max	0,010	0,010		0,010		0,010		ISO 6245	
Lubricity, corr. wear scar diam. ^{h)}		µm	Max	520	520		520		520 ^{d)}		ISO 12156-1	

6.1.2 Operation on 0,10 % m/m residual sulphur fuels (ULSFO RM) for SECA areas

Due to the tightened sulphur emission legislation being valid since 01.01.2015 in the specified SECA areas many new max. 0,10 % m/m sulphur content fuels have entered the market. Some of these fuels are not pure distillate fuels, but contain new refinery streams, like hydrocracker bottoms or can also be blends of distillate and residual fuels. The new 0,10 % m/m sulphur fuels are also called as Ultra Low Sulphur Fuel Oils (ULSFO) or "hybrid" fuels, since those can contain properties of both distillate and residual fuels. In the existing ISO 8217:2017(E) standard the fuels are classed as RMA 10, RMB 30 or RMD 80, if not fulfilling the DM grade category requirements, though from their properties point of view this is generally not an optimum approach.

These fuels can be used in the Wärtsilä 32 engine type, but special attention shall be paid to optimum operating conditions. See also Services Instruction WS02Q312.

Characteristics	Unit	RMA 10	RMB 30	RMD 80	Test method reference
Kinematic viscosity bef. inj. pumps ^{c)}	mm ² /s ^{a)}	2,0 - 24	2,0 - 24	2,0 - 24	-
Kinematic viscosity at 50 °C, max.	mm ² /s ^{a)}	10,00	30,00	80,00	ISO 3104
Density at 15 °C, max.	kg/m ³	920,0	960,0	975,0	ISO 3675 or ISO 12185
CCAI, max. ^{a)}	-	850	860	860	ISO 8217, Annex F
Sulphur, max. ^{b), f)}	% m/m	0,10	0,10	0,10	ISO 8574 or ISO 14596
Flash point, min.	°C	60,0	60,0	60,0	ISO 2719
Hydrogen sulfide, max.	mg/kg	2,00	2,00	2,00	IP 570
Acid number, max.	mg KOH/g	2,5	2,5	2,5	ASTM D664
Total sediment existent, max.	% m/m	0,10	0,10	0,10	ISO 10307-2
Carbon residue, micro method, max.	% m/m	2,50	10,00	14,00	ISO 10370
Asphaltenes, max. ^{c)}	% m/m	1,5	6,0	8,0	ASTM D3279
Pour point (upper), max., winter quality ^{d)}	°C	0	0	30	ISO 3016
Pour point (upper), max., summer quality ^{d)}	°C	6	6	30	ISO 3016
Water max.	% v/v	0,30	0,50	0,50	ISO 3733 or ASTM D6304-C ^{c)}
Water bef. engine, max. ^{c)}	% v/v	0,30	0,30	0,30	ISO 3733 or ASTM D6304-C ^{c)}
Ash, max.	% m/m	0,040	0,070	0,070	ISO 6245 or LP1001 ^{c), h)}
Vanadium, max. ^{f)}	mg/kg	50	150	150	IP 501, IP 470 or ISO 14597

Characteristics	Unit	RMA 10	RMB 30	RMD 80	Test method reference
Sodium, max. ^{f)}	mg/kg	50	100	100	IP 501 or IP 470
Sodium bef. engine, max. ^{c, f)}	mg/kg	30	30	30	IP 501 or IP 470
Aluminium + Silicon, max.	mg/kg	25	40	40	IP 501, IP 470 or ISO 10478
Aluminium + Silicon bef. engine, max. ^{c)}	mg/kg	15	15	15	IP 501, IP 470 or ISO 10478
Used lubricating oil: ^{g)}					
- Calcium, max.	mg/kg	30	30	30	IP 501 or IP 470
- Zinc, max.	mg/kg	15	15	15	IP 501 or IP 470
- Phosphorus, max.	mg/kg	15	15	15	IP 501 or IP 500

NOTE



a) 1 mm²/s = 1 cSt.

b) The purchaser shall define the maximum sulphur content in accordance with relevant statutory limitations.

c) Additional properties specified by the engine manufacturer, which are not included in the ISO 8217:2017(E) standard.

d) Purchasers shall ensure that this pour point is suitable for the equipment on board / at the plant, especially if the ship operates / plant is located in cold climates.

e) Straight run residues show CCAI values in the 770 to 840 range and are very good ignitors. Cracked residues delivered as bunkers may range from 840 to – in exceptional cases – above 900. Most bunkers remain in the max. 850 to 870 range at the moment. CCAI value cannot always be considered as an accurate tool to determine fuels' ignition properties, especially concerning fuels originating from modern and more complex refinery processes.

f) Sodium contributes to hot corrosion on exhaust valves when combined with high sulphur and vanadium contents. Sodium also strongly contributes to fouling of the exhaust gas turbine blading at high loads. The aggressiveness of the fuel depends on its proportions of sodium and vanadium, but also on the total amount of ash. Hot corrosion and deposit formation are, however, also influenced by other ash constituents. It is therefore difficult to set strict limits based only on the sodium and vanadium content of the fuel. Also a fuel with lower sodium and vanadium contents than specified above, can cause hot corrosion on engine components.

g) The fuel shall be free from used lubricating oil (ULO). A fuel shall be considered to contain ULO when either one of the following conditions is met:

- Calcium > 30 mg/kg and zinc > 15 mg/kg OR
- Calcium > 30 mg/kg and phosphorus > 15 mg/kg

h) Ashing temperatures can vary when different test methods are used having an influence on the test result.

6.1.3 Heavy Fuel Oil (HFO)

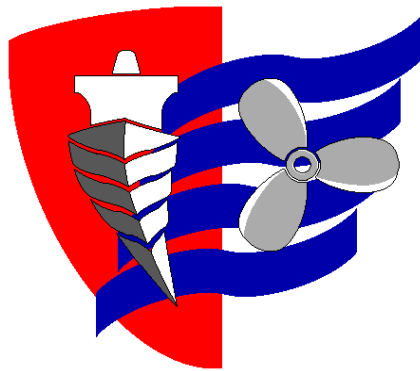
Residual fuel grades are referred to as HFO (Heavy Fuel Oil). The fuel specification HFO 2 is based on the ISO 8217:2017(E) standard and covers the categories ISO-F-RMA 10 to RMK 700. Fuels fulfilling the specification HFO 1 permit longer overhaul intervals of specific engine components than HFO 2.

6.1.3.1 Table Heavy fuel oils

Table 6-2 Residual fuel specifications

Characteristics	Unit	Limit HFO 1	Limit HFO 2	Test method reference
Kinematic viscosity bef. inj. pumps ^{d)}	mm ² /s ^{b)}	20 ± 4	20 ± 4	-
Kinematic viscosity at 50 °C, max.	mm ² /s ^{b)}	700,0	700,0	ISO 3104
Density at 15 °C, max.	kg/m ³	991,0 / 1010,0 ^{a)}	991,0 / 1010,0 ^{a)}	ISO 3675 or ISO 12185
CCAI, max. ^{f)}	-	850	870	ISO 8217, Annex F
Sulphur, max. ^{c, g)}	%m/m	Statutory requirements or max. 3,50 % m/m ^{d)}		ISO 8754 or ISO 14596
Flash point, min.	°C	60,0	60,0	ISO 2719
Hydrogen sulfide, max.	mg/kg	2,00	2,00	IP 570
Acid number, max.	mg KOH/g	2,5	2,5	ASTM D664
Total sediment aged, max.	%m/m	0,10	0,10	ISO 10307-2
Carbon residue, micro method, max.	%m/m	15,00	20,00	ISO 10370
Asphaltenes, max. ^{d)}	%m/m	8,0	14,0	ASTM D3279
Pour point (upper), max. ^{e)}	°C	30	30	ISO 3016
Water, max. ^{d)}	%V/V	0,50	0,50	ISO 3733 or ASTM D6304-C ^{d)}
Water before engine, max. ^{d)}	%V/V	0,30	0,30	ISO 3733 or ASTM D6304-C ^{d)}
Ash, max.	%m/m	0,050	0,150	ISO 6245 or LP1001 ^{d, i)}
Vanadium, max. ^{g)}	mg/kg	100	450	IP 501, IP 470 or ISO 14597
Sodium, max. ^{g)}	mg/kg	50	100	IP 501 or IP 470
Sodium before engine, max. ^{d, g)}	mg/kg	30	30	IP 501 or IP 470
Aluminium + Silicon, max. ^{d)}	mg/kg	30	60	IP 501, IP 470 or ISO 10478
Aluminium + Silicon before engine, max. ^{d)}	mg/kg	15	15	IP 501, IP 470 or ISO 10478
Used lubricating oil ^{h)}				
- Calcium, max.	mg/kg	30	30	IP 501 or IP 470
- Zinc, max.	mg/kg	15	15	IP 501 or IP 470
- Phosphorus, max.	mg/kg	15	15	IP 501 or IP 500

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

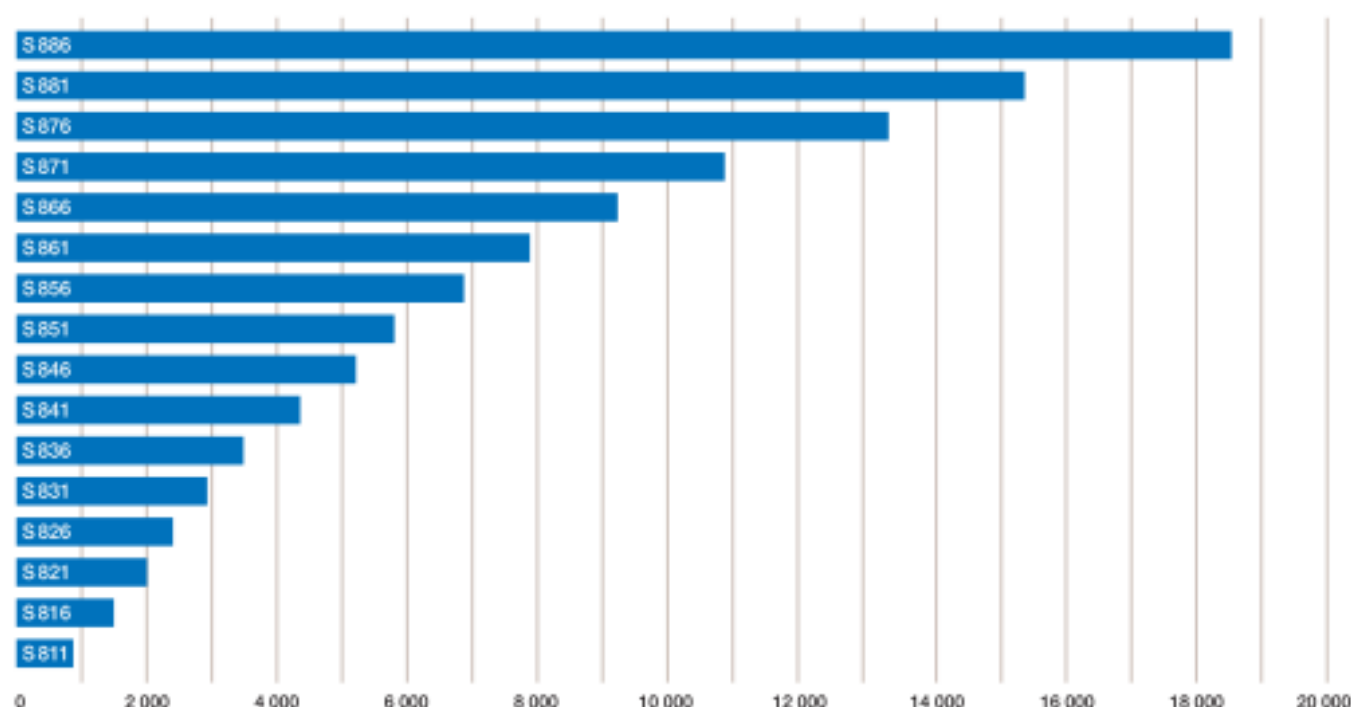
ANEXO II

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO – 2021

Max. Recommended Capacity Table. L/h 380 cSt/50°C.



TECHNICAL DATA

Main supply voltage	3-phase, 220 V up to 690 V
Control voltage	1-phase, 100/110/115/230 V
Frequency	50 or 60 Hz
Control air	Min 5 bar, max 7 bar
Operating water pressure	Min 2 bar, max 6 bar

Type Approved Separation

Alfa Laval can supply separators according to the requirements for Type Approved Separators set by the classification societies.

A Type Approved Separator is rated according to Certified Flow Rate (CFR), which is the flow rate at a specified separation performance.

CFR makes it possible to fairly compare different separator manufacturers.

SEPARATION SYSTEM	SIZE (HEIGHT X WIDTH X LENGTH)	NET WEIGHT
SA 811/816	970 x 937 x 866	372 kg
SA 821/826	970 x 937 x 866	376 kg
SA 831/836	1059 x 948 x 939	472 kg
SA 841/846	1123 x 975 x 960	543 kg
SA 851/856	1291 x 1280 x 1127	741 kg
SA 861/866	1405 x 1306 x 1173	812 kg
SA 871/876	1526 x 1445 x 1313	1297 kg
SA 881/886	1713 x 1495 x 1411	1680 kg
SU 811/816	1245 x 1050 x 1287	501 kg
SU 821/826	1245 x 1050 x 1287	505 kg
SU 831/836	1245 x 1050 x 1360	630 kg
SU 841/846	1245 x 1050 x 1380	700 kg
SU 851/856	1407 x 1440 x 1643	1060 kg
SU 861/866	1407 x 1440 x 1674	1200 kg
SU 871/876	1585 x 1520 x 1761	1620 kg
SU 881/886	1684 x 1585 x 1812	2010 kg



Conformity

The mark of conformity confirms that the equipment complies with European Economic Area (EEA directives).

CentriLock, CentriShoot and REMIND are trademarks owned by Alfa Laval Corporate AB.
ALFA LAVAL is a trademark registered and owned by Alfa Laval Corporate AB.
Alfa Laval reserves the right to change specifications without prior notification.



S-separation systems

Cleaning systems for fuel and lubricating oils

Separator



Oil block including water transducer and valves



EPC50 control unit



Water block



Air block



Sludge outlet kit



Optional starter



SA (Separation Ancillaries) – Minimal investment. Specialized block components assembled on site to reduce your initial expense.

S-separation systems from Alfa Laval combine ease of use with low operating cost. Their compact and robust construction makes them reliable, while their innovative design means they produce only a minimum of sludge. S-separation systems are available in three delivery options.



SU (Separation Unit)

Smart investment. A factory-tested unit for quicker installation and reliable operation.



SU Module

Maximum simplicity. A module combining a Separation Unit with a heater and pump for easy operation.

Features and benefits

■ Pre-tested system.

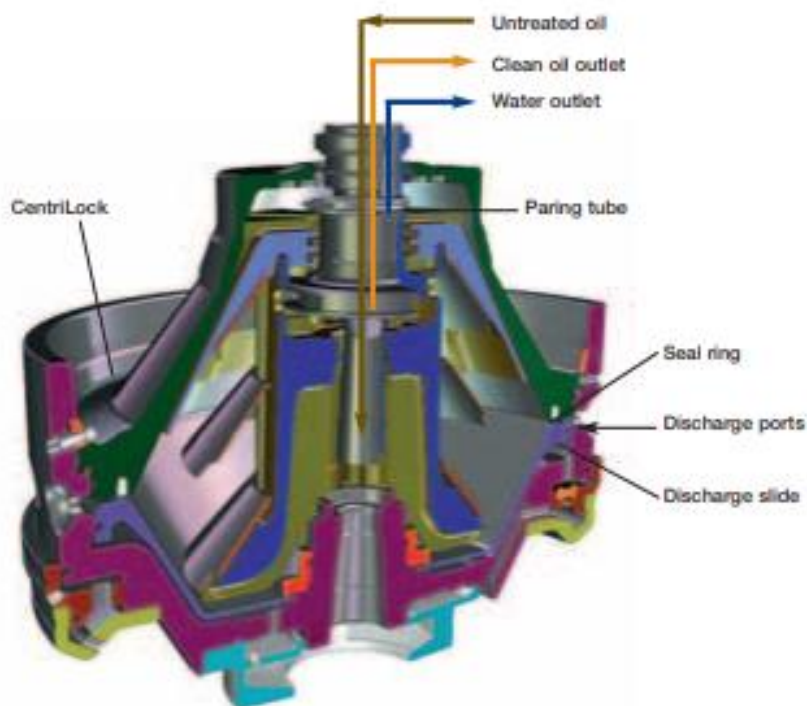
All components and functions of the SU and SU module are tested at the factory, ensuring a perfect system and faster commissioning.

■ Alcap technology.

A water transducer is present in the clean oil outlet for process monitoring.

■ CentriLock.

The non-threaded CentriLock lock ring allows the bowl to be opened quickly without a sledgehammer. There is no wear of costly bowl parts.



■ CentriShoot.

The CentriShoot discharge system greatly reduces sludge volumes. It utilizes a fixed, flexing discharge slide that eliminates metal-to-metal wear.

■ High separation efficiency.

An optimized design ensures the best possible separation efficiency in the bowl disc stack.

■ Remote monitoring and control.

Several options are available, with REMIND software included in each delivery. Network solutions using MODBUS or PROFIBUS and the operator's own software allow remote operation from a control room.

■ No water tank.

No tank is needed to supply operating water, which saves materials and installation costs.

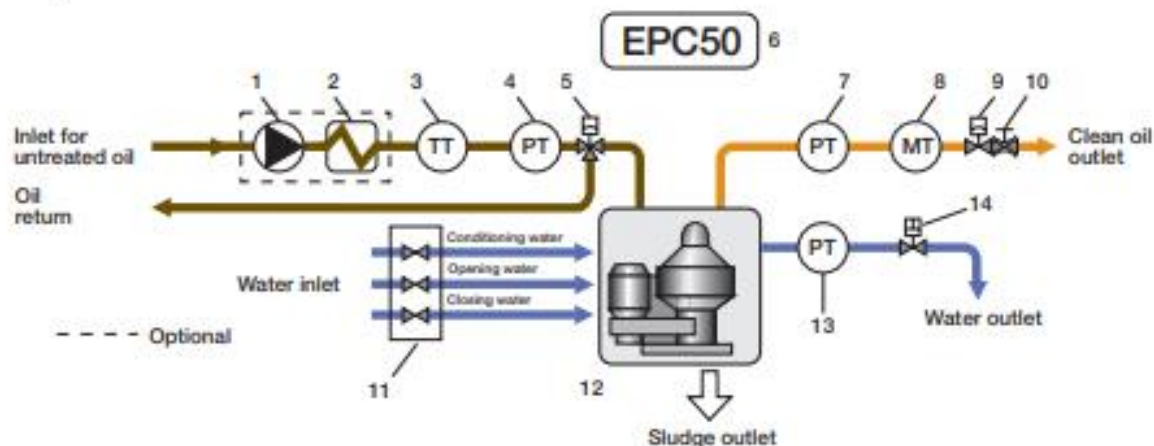
■ Longer service intervals.

Planned maintenance is performed less often and spare parts consumption is reduced. This creates lower operating costs.

■ Same design for fuels and lubricating oils.

Operators have one type of system for operation, maintenance and spare parts.

System layout.



1. Feed pump
2. Heater
3. Temperature transmitter
4. Pressure transmitter, oil
5. Pneumatically controlled change-over valve

6. Control unit
7. Pressure transmitter, oil
8. Water transducer
9. Pneumatically controlled shut-off valve

10. Regulating valve
11. Solenoid valve block, water
12. Separator
13. Pressure transmitter, water
14. Drain valve

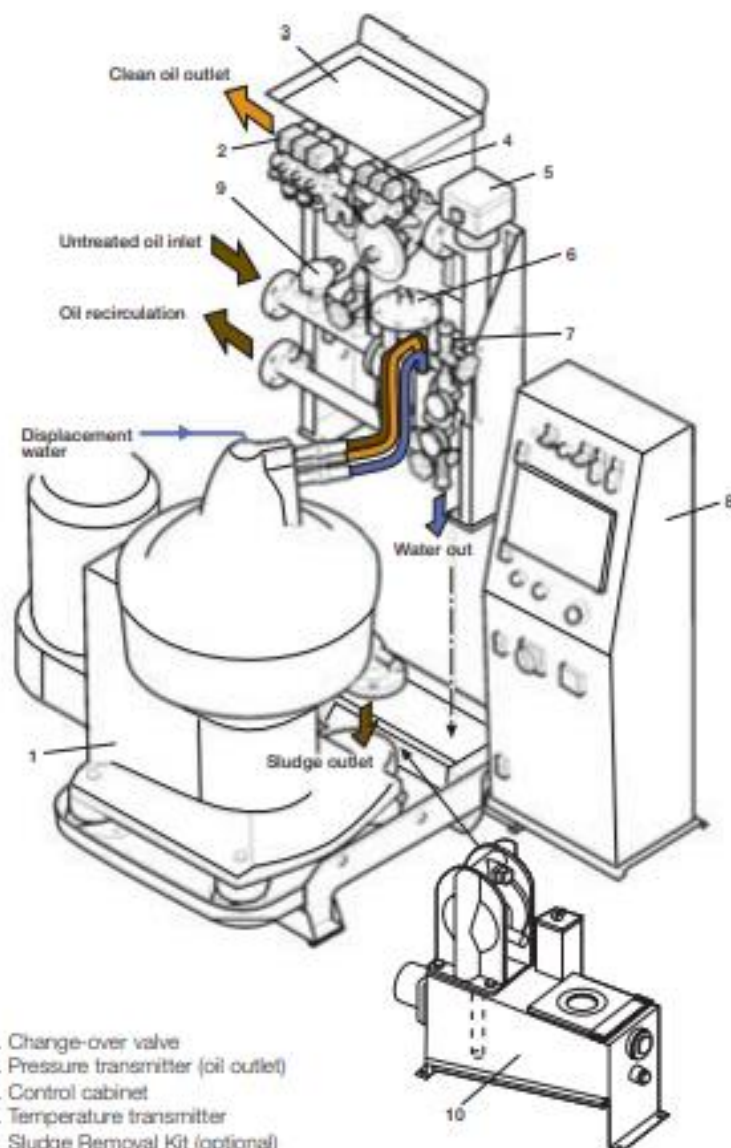
Optional equipment

S-separation systems can be complemented with the following equipment:

- Starter. (Included in SU)
- Heater board in EPC50 for control of heater.
- Vibration sensor kit.
- Feed pump.
- Remote operation kit.
- Separator lifting tool.
- Sludge outlet butterfly valve kit.
- Heater.

Sludge Removal Kit - SU

The SU can be complemented with a Sludge Removal Kit. This optional system pumps sludge to the main sludge holding tank via a small, intermediate tank. It eliminates the need for a sludge tank under the separator, thereby creating material and installation savings.



SU schematic system layout diagram.

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Separator | 6. Change-over valve |
| 2. Operating water solenoid block | 7. Pressure transmitter (oil outlet) |
| 3. Service shelf | 8. Control cabinet |
| 4. Operating air solenoid block | 9. Temperature transmitter |
| 5. Water transducer | 10. Sludge Removal Kit (optional) |

Operations

Preventive maintenance procedures are quick and simple with the help of a compression tool. The patented CentrLock lock ring is removed using only an Allen key, instead of the conventional lock ring spanner and sledgehammer.

- Maintenance intervals:
 - Inspection Service every 4000 h or 6 months.
 - Overhaul Service every 12000 h or 18 months.
- Service spares kits contain all necessary spare parts for each service and tips for maintenance in checkpoints:
 - Inspection Kit with O-rings and seals for separator bowl.
 - Overhaul Kit with parts for drive system, belt, bearings and pads. Also contains an Inspection Kit.
 - Support Kit with strategic spares to back up operation and maintenance.
- System Manual includes detailed information in electronic or printed format:
 - Installation Instructions.
 - Operating Instructions.
 - Alarms & Fault Finding.
 - Service & Spare Parts.
- Commissioning and technical service is available from all Alfa Laval offices to start up the system and to advise about operation and maintenance.
- Training in all aspects of oil treatment, fresh water generation and cooling is available.
- All services are incorporated into specially tailored Nonstop Performance packages. Details are available from local Alfa Laval offices.

5.2 Technical data

Alfa Laval ref. 561687, rev. 1,

Maximum density	feed sediment	1100 kg/m ³ 2631 kg/m ³
Power consumption	idling running (at max. capacity) max. power consumption	0,8 kW 1,8 kW 2,8 kW (at starting-up)
Bowl speed	9510/9305	max. rev/min. 50Hz/60Hz
Speed motor shaft	3000/3600	max. rev/min. 50Hz/60Hz
Gear ratio (pulleys)	130:41 (50 Hz) 106:41 (60 Hz)	
Starting time	1,8 - 2,3 minutes	
Stopping time	Running down without brake With brake	average 14 minutes min. 3, max. 4 minutes
Maximum running time without flow	Empty bowl Filled bowl	180 minutes 180 minutes
Sludge volume total/efficient	0,6 / 0,2 litres	
Bowl volume	1,5 litre	
Discharge volume	1 litre (nominal) fixed	
Required water quality	See 5.6 Water quality, page 132	
Lubrication	See 5.7 Lubricants, page 133	
Lubricating oil volume	0,5 litre	
Sound pressure level	69 dB(A)	
Vibration level	New separator Separator in use	Max. 5,6 mm/sec Max. 9 mm/sec
Weight	Separator without motor Motor Complete bowl Overhead hoist for 300 kp is required	Net weight approx. 191 kg 16 kg 35 kg
Motor power	2,2 Kw	
Bowl material	AL 111 2377-02	stainless steel

NOTE

The separator is a component operating in an integrated system including a monitoring system. If the technical data in the system description does not agree with the technical data in this instruction manual, the data in the system description is the valid one.

5.3 Connection list

Alfa Laval ref. 561658, rev. 1

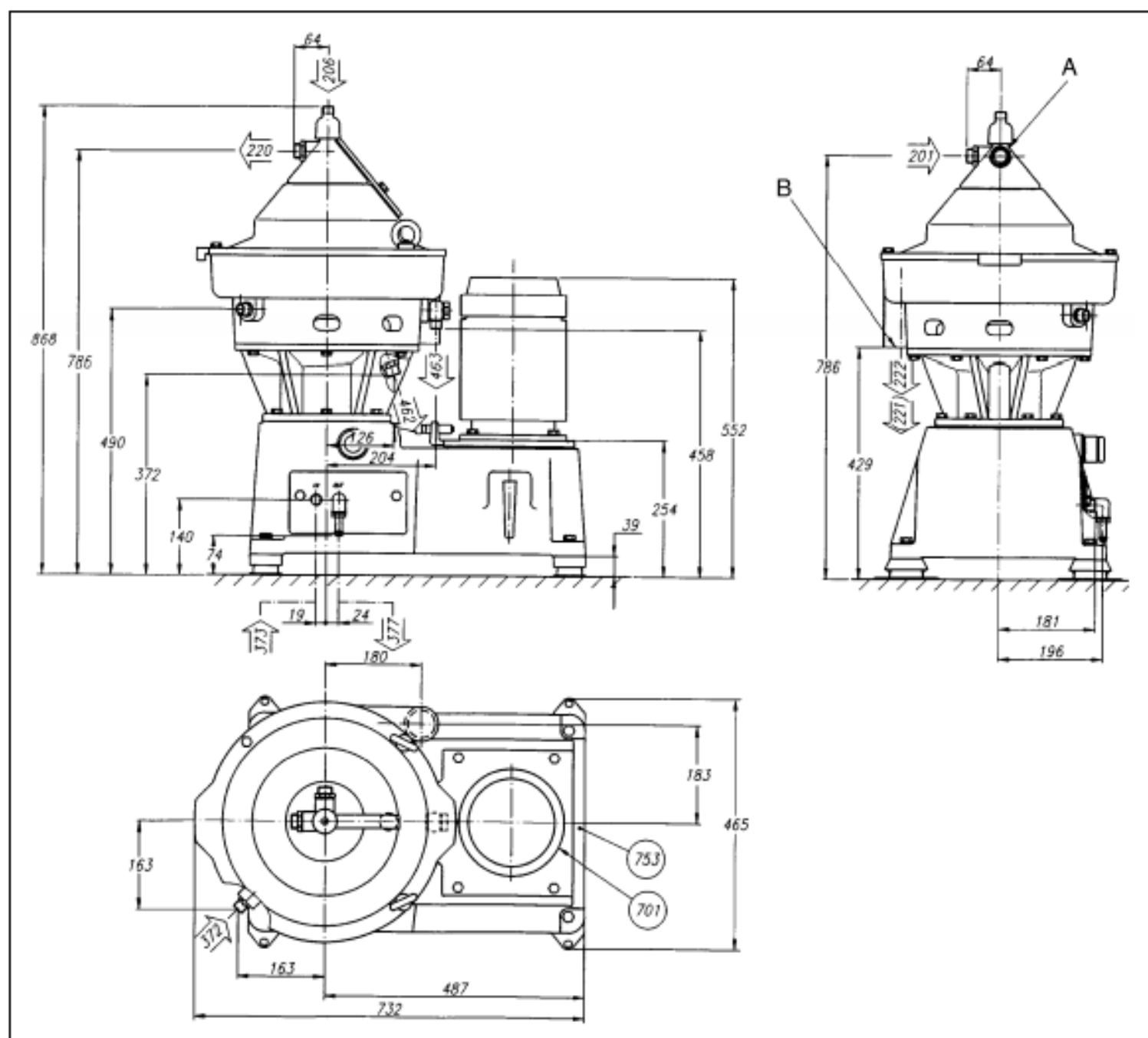
Connection No.	Description	Requirements/limits
201	Inlet for process liquid. - Flow: - Pressure:	See 5.8.7 Performance data, in- and outlet device, page 148
206	Inlet for liquid seal and displacement liquid. - Quality requirements: - Flow, set value:	See 5.6 Water quality, page 132 8 litres/minute
220	Outlet for light phase, clarified liquid. - Counter pressure: - Capacity:	See 5.8.7 Performance data, in- and outlet device, page 148
(221)	Outlet for heavy phase (water).	Should be possible to drain liquids by gravity.
222	Outlet for solid phase. - Discharge volume:	See 5.2 Technical data, page 119 The outlet after the separator should be installed in such a way that you can not fill the frame top part with sludge. (Guidance of sludge pump or open outlet)
372	Inlet for discharge liquid. - Flow , set value: - Quality requirements:	18 litres/minute See 5.6 Water quality, page 132

Connection No.	Description	Requirements/limits
373	Inlet for make-up liquid. - Flow, set value: - Quality requirements: - Consumption:	0,9 litres per minute See 5.6 Water quality, page 132 0,9 litres per discharge
377	Outlet for operating liquid.	Should be possible to drain liquids by gravity.
462	Drain of frame top part, lower.	Should be possible to drain liquids by gravity.
463	Drain of frame top part, upper.	Should be possible to drain liquids by gravity.
701	Motor for separator Allowed deviation from nominal frequency (momentarily during maximum 5 seconds):	±5% (±10%)
753	Unbalance sensors, vibration - Type: - Frequency range: - Vibration measurement range: - Internal impedance: - Reset coil voltage: - Reset coil power: - Switch rating, resistive load max	Mechanical switch < 300 Hz < 4,5 g 4 kΩ ± 5% 48 V DC Max. 14 W 2 A @ 24 V DC

Location of connections on the separator, see
 5.4 Basic size drawing, page 122, and 5.4.1
 Dimensions of connections, page 123.

5.4 Basic size drawing

Alfa Laval ref. 565297, rev. 1



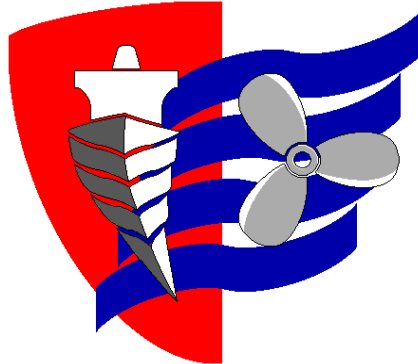
Connections 201 and 220 are turnable 90°.

A Maximum horizontal displacement during operation ± 20 mm

B Maximum vertical displacement during operation ± 10 mm

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

ANEXO III

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO – 2021



CE



 **ATTSU**

Add-on ACCESSORIES

GENERAL VIEW



Indirect
surveillance
system

72 h

Indirect
surveillance
system

24 h

Indirect
surveillance
system

2 h

BOILER REMOTE
MONITORING



AIR PREHEATING
ECONOMIZER



INTEGRATED ECONOMIZER

SAMPLE COOLER

SECOND FEED WATER PUMP

SPECIFICATIONS

SERIES	STEAM RATE		THERMAL POWER			FUEL CONSUMPTION*				TRANSPORT WEIGHT Boiler at 8 bar			FURNACE OVERPRESSURE			DIMENSIONS							STEAM OUTLET Boiler at 8 bar
						Natural Gas (10,83 kWh/ Nm³)	LPG (12,86 kWh/ kg)	Light Oil (10,28 kWh/l)	Heavy Oil (11,08 kWh/ kg)							A Total height with accessories	B Length with burner	C Width with accessories	E Length without burner	F** Width without accessories	G Chimney diameter	H Maintenance distance	
	kg/h	HP	kW	kCal/h	Btu/h x 1000	Nm³/h	kg/h	l/h	kg/h	Ta	mbar	mmHg	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	9 U"U			
H-A	2.000	148	1.465	1.260.000	5.000	130	104	139	129	9	4	40	2.850	4.550	2.575	3.650	2.100	400	2.700	65			
H-B	2.500	185	1.831	1.575.000	6.250	163	130	174	161	10	5	50	2.850	5.100	2.575	4.200	2.100	400	3.200	65			
H-C	3.000	222	2.198	1.890.000	7.501	196	156	209	194	11	6	60	2.850	5.700	2.575	4.700	2.100	450	3.700	80			
H-D	4.000	296	2.930	2.520.000	10.001	261	208	279	258	14	8	80	3.200	6.200	2.900	5.200	2.450	500	3.800	100			
H-E	5.000	370	3.683	3.150.000	12.501	327	261	349	323	16	9	90	3.200	6.850	2.900	5.850	2.450	550	4.600	100			
H-F	6.000	444	4.395	3.780.000	15.001	392	313	418	388	18	11	110	3.200	7.600	2.900	6.500	2.450	600	5.600	100			
H-G	7.000	518	5.128	4.410.000	17.501	457	365	488	453	22	10	100	3.450	7.800	2.950	6.600	2.650	650	5.700	125			
H-H	8.000	591	5.880	5.040.000	20.001	523	417	558	517	26	12	120	3.450	8.650	3.000	7.250	2.650	700	6.000	125			
H-I	10.000	739	7.326	6.300.000	25.002	654	522	698	647	30	13	130	3.700	9.200	3.400	7.800	2.900	800	6.300	150			
H-J	12.000	887	8.791	7.560.000	30.002	784	626	837	776	36	13	130	3.900	9.400	3.550	8.100	3.100	850	6.500	150			
H-K	14.000	1.035	10.256	8.820.000	35.002	915	730	977	906	40	14	140	4.050	10.450	3.650	8.450	3.200	900	6.800	200			
H-L	16.000	1.183	11.721	10.080.000	40.003	1.046	835	1.116	1.035	44	16	160	4.150	11.000	3.800	9.000	3.350	950	7.400	200			
H-M	18.000	1.331	13.186	11.340.000	45.003	1.180	940	1.260	1.170	46	19	190	4.250	11.200	3.950	9.200	3.500	950	7.400	200			
H-N	20.000	1.479	14.651	12.600.000	50.003	1.307	1.044	1.395	1.293	48	24	235	4.450	11.400	4.100	9.450	3.600	950	7.900	200			
H-O	22.500	1.663	16.483	14.175.000	56.254	1.438	1.175	1.569	1.455	50	24	235	4.650	11.600	4.200	9.650	3.750	1.000	8.100	225			
H-P	25.000	1.848	18.314	15.750.000	62.504	1.581	1.305	1.743	1.617	52	24	235	4.850	11.800	4.350	9.850	3.900	1.000	8.200	250			
H-Q	27.500	2.033	20.145	17.325.000	68.755	1.740	1.436	1.917	1.779	57	26	259	5.050	11.950	4.350	9.950	4.000	1.000	8.300	250			
H-R	30.000	2.218	21.977	18.900.000	75.005	1.914	1.579	2.109	1.957	60	24	235	5.200	10.450	4.475	8.450	4.100	1.000	6.800	250			
H-S	35.000	2.588	25.640	22.050.000	87.506	2.105	1.737	2.320	2.152	62	24	235	5.200	11.200	4.650	9.000	4.200	1.100	7.400	250			
H-T	40.000	2.957	29.302	25.200.000	100.007	2.315	1.911	2.552	2.367	68	24	235	5.250	11.400	4.750	9.200	4.250	1.100	7.400	300			
H-U	50.000	3.697	36.628	31.500.000	125.008	2.547	2.102	2.807	2.604	72	24	235	5.250	11.600	4.750	9.450	4.250	1.200	7.900	300			

*Steam rate at 8 bar and feed water at 103 °C.

**Depending on burner brand and type of fuel.



ATTSU TÉRMICA
ATTSU INTERNATIONAL

Pol. Industrial
C/ ~~Esqueres~~ 21
17480 ~~Cala~~ (Girona)
SPAIN
+34 972 171 738
attsu@attsu.com

ATTSU ARCONES

Pol. Ind. Prado ~~Requena~~
C/Torres ~~Quevedo~~, 13 - Nave 18
28938 ~~Madrid~~ (Madrid)
~~SPAIN~~
+34 916 474 737
arcones@attsu.com

ATTSU TECNIVAP

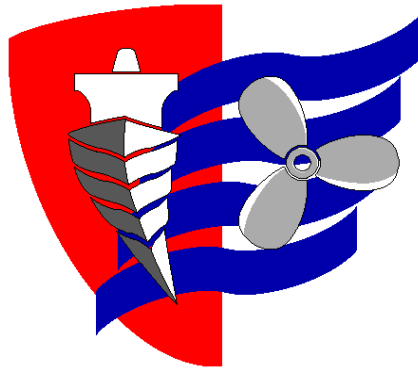
Pol. Industrial
C/ ~~Esqueres~~ 21
17480 ~~Cala~~ (Girona)
~~SPAIN~~
+34 972 171 738
tecnivap@attsu.com

ATTSU TEYVI

Pol. Industrial Fuente ~~del Jara~~
C/Ciudad de Elda 15
46988 ~~Valencia~~ (Valencia)
SPAIN
+34 961 340 332
teyvi@attsu.com

www.attsu.com

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

ANEXO IV

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO – 2021



Aalborg OC-TCi

Oil-fired modular, Turbo Clean intelligent composite boiler

Aalborg OC-TCi is a high performance, combined oil and exhaust gas-fired boiler, with a 1,200-6,500 kg/h capacity of the oil-fired section at 9 bar(g) design pressure. Aalborg OC-TCi is a vertical, cylindrical boiler with an exhaust gas section consisting of smoke tubes while the oil-fired section features helix tubes in the convection section.

Description

Aalborg OC-TCi is a high quality composite boiler, i.e. a combined oil- and exhaust gas-fired boiler, with a capacity range of up to 6,500 kg/h steam from the oil-fired section and up to 5,000 kg/h from the exhaust gas section. In simultaneous operation the capacity reaches 8,000 kg/h. Composite boilers offer the space-saving alternative of two boilers combined into one reliable production of steam both during voyage and port stay.

The convection part of the oil-fired part and the burner are fully integrated, and standard burners cannot be used for this boiler. The design of the Aalborg OC-TCi has been significantly optimized to achieve a better self-cleaning effect in the smoke tubes and an improved water level control. The gas velocity is relatively high compared to our other composite boiler designs, which improves the heat transfer. The high gas velocity also makes the boiler very effectively self-cleaning. It is a standardized, pre-assembled boiler plant that is fast and easy to install.

Aalborg OC-TCi is designed according to Alfa Laval's modular Aalborg boiler concept. Aalborg OC-TCi engages less engine floor area and has a lower weight than older designs of composite boilers.

Construction

Aalborg OC-TCi is a vertical boiler with an exhaust gas section consisting of smoke tubes. The oil-fired part consists of a furnace, steam space, and the convective section, which consists of helix tubes with a turbo cleaning effect, wherein the flue gas flows. The boiler pressure part is manufactured from mild steel able to withstand high temperatures.



Burner

Aalborg OC-TCi is equipped with a monobloc type pressure atomizing burner, type Aalborg KBP. Servicing the burner is easy as a top plate can be opened and the lance can be withdrawn in order to service the nozzle and lance. Access to the oil system and electrical components is possible through two separate covers on the side of the burner. The burner housing is mounted on the boiler front, angled 15 degrees downwards against the furnace bottom. This allows for a longer flame and offers better utilization of the furnace. The flow of the flame becomes optimal, and the result is high performance combustion.

Control system

The reliable and user-friendly microprocessor based Aalborg Control Touch system facilitates the operation and control of the Aalborg OC-TCi boiler. The intelligent control system provides fully automatic operation of the boiler plant and the pressure jet burner.

The Aalborg Control Touch system includes burner load and sequence controls, water level and safety device, burner motor and fuel heater starter, and starter for the fuel oil pumps.

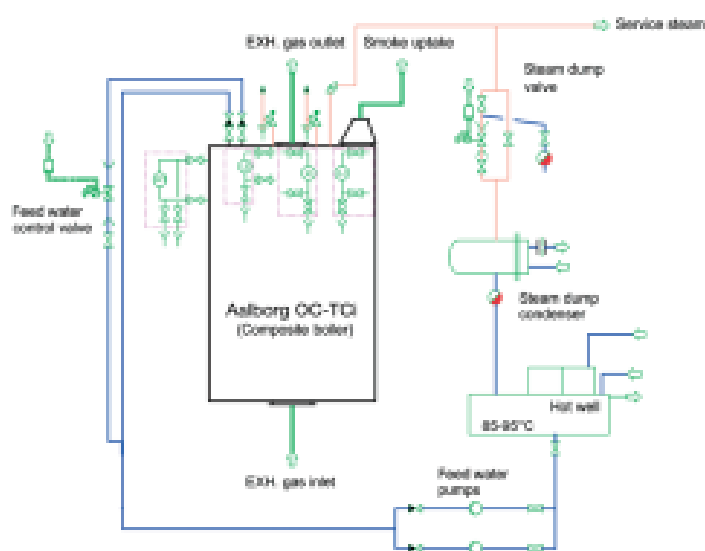
Silencer

The composite boiler can be supplied with a compact silencer to suit any type of diesel engine. The silencer is based on wellproven technology. The optimum silencer dimensions are unique for each installation and calculated on the following basis:

- Engine type
- Exhaust gas amount and temperature at 100% engine load
- Required level of silencing
- Exhaust gas system dimensions

Virtually no on-site assembling

Aalborg OC-TCi can be delivered fully assembled so only the burner needs to be mounted on-site. Installation is a matter of hooking up pre-mounted fittings with connections situated



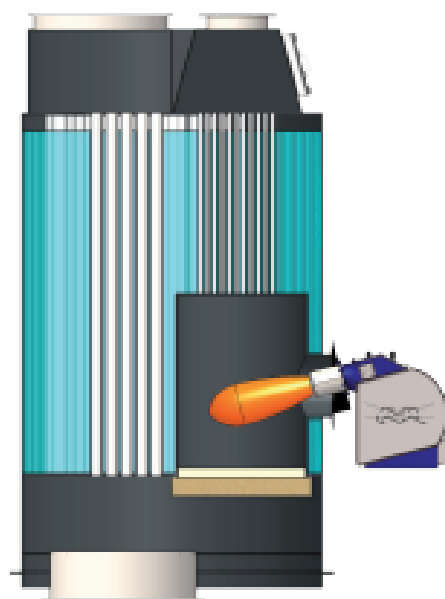
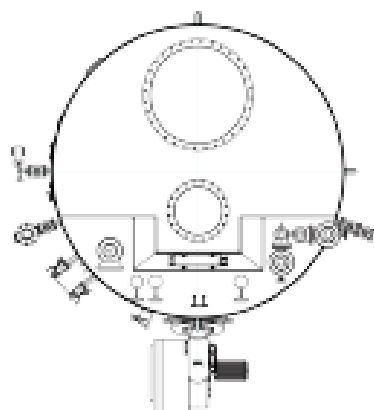
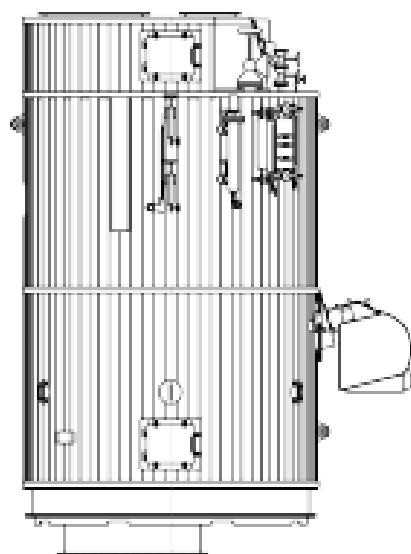
almost exclusively on the boiler top. Inlet and outlet boxes are integrated. The boiler foundation is prepared for welding to the deck.

Project and engineering hours cut to a minimum

All information on our boilers is available immediately upon request. Due to our parametric design methods, the optimal solution can be identified and quoted instantly. This includes layout drawings for design of the engine room.

Easy inspection and maintenance

Aalborg OC-TCi has adequate space for inspection and maintenance in the steam/ water space. The boiler can easily be water washed or mechanically cleaned through the boiler uptakes, and the smoke tubes are easy to clean



The flow of the combusting particles becomes optimal, and the result is a high performance combustion - even with the lowest grades of fuel. As an alternative, Aalborg OC can be equipped with a rotary cup burner.

Control system

The reliable and userfriendly microprocessor based Aalborg control system facilitates the operation and control of the Aalborg OC boiler. The control system provides fully automatic operation of the boiler plant and the pressure jet burner. The Aalborg control system includes burner load and sequence controls, water level and safety device, burner motor and fuel heater starter, and starter for fuel oil pumps.

Silencer

The composite boiler can be supplied with a compact silencer to suit any type of diesel engine. The silencer is based on well-proven technology. The optimum silencer dimensions are unique for each installation and calculated on the following basis:

- Engine type
- Exhaust gas amount and temperature at 100% engine load
- Required level of silencing
- Exhaust gas system dimensions

Customer benefits for shipyards and owners

Aalborg OC is designed to meet the ever increasing demands for rational and cost effective shipbuilding - in every phase of the project.

Virtually no on-site assembling

Aalborg OC can be delivered fully assembled.

Easy installation

Installation is a matter of connecting up with premounted fittings and connections situated almost exclusively on the boiler top. Inlet and outlet boxes are included and the boiler foundation is prepared for welding to the deck. When opting for the composite boiler solution, only one boiler has to be

installed and a circulation pump is superfluous.

Project and engineering hours cut to a minimum

All information regarding boiler plants is available immediately upon request. Due to parametric design methods, the solution can be identified and quoted instantly. This includes layout drawings for design of the engine room. Aalborg offers an advanced composite boiler in standardised design, including thoroughly tested and optimised solutions. Due to the composite boiler functioning as both oil- and exhaust gas fired boiler, a high degree of redundancy is obviously built into the system.

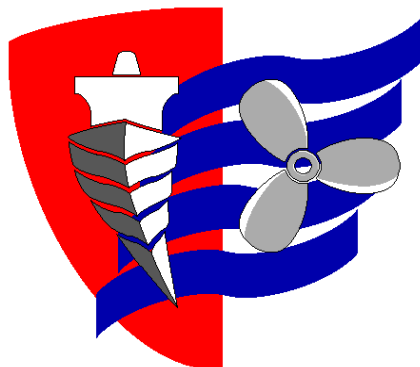
Easy inspection and maintenance

Aalborg OC has adequate space for inspection and maintenance in the steam/water space. The boiler can easily



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO – 2021

9.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SOLAS, consolidated edition 2014 : *consolidated text of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, and its Protocol of 1988 : articles, annexes and certificates*. London: International Maritime Organization. Papel.
- [2] Moore, Colin S. Intact stability. Jersey City, N.J: *Society of Naval Architects*, 2010. Papel.
- [3] Fritz Herning. Editorial Labor, S.A. 1975. *Transporte de Fluidos por Tuberías*. Papel.
- [4] Editorial McGraw-Hill, *Flujo de Fluidos Válvulas, Accesorios y Tuberías Crane*. Editorial, 1988. Papel.
- [5] Editorial Reverté, 1986. *Flujo de Fluidos a Intercambio de Calor O. Levenspiel*. Papel.
- [6] Lamb, Thomas. Ship design and construction. Jersey City, NJ: Society of Naval Architects and Marine Engineers, 2003. Papel.
- [7] Pedro Fernandez Díez. Departamento de ingeniería y eléctrica. *Mecánica de Fluidos* Universidad de Cantabria. Libro electrónico.
- [8] Alfredo Trueba. Ciencias y técnicas de la navegación y de la construcción naval. *Disposiciones generales constructivas en calderas pirotubulares*. Universidad de Cantabria. Papel.
- [9] Rawson, K. J., and E. C. Tupper. Basic ship theory. Boston: Butterworth-Heinemann, 2001. Papel.
- [10] Fedepalma, (15 de Mayo de 2021). Online. Disponible en: www.fedepalma.org
- [11] Grupo JP Calderas (03 Abril de 2021). *El mundo de la Energía*. Online. Disponible en: www.grupojpcalderas.com
- [11] Lennitech (30 de Marzo de 2021). *Water Treatment Solutions*. Online. Disponible en: www.lennitech.com
- [15] ICEX, España exportación e inversiones, Gobierno de España, ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (15 de Abril de 2021). Online. Disponible en: www.icex.es



[16] AENOR, Asociación Española de Normalización, (02 de Mayo de 2021).
Disponible en:

www.aenor.es/aenor/aenor/perfil/perfil.asp#.VkuGWoTjui4

SOFTWARE:

Software Microsoft Visión (2015)

Software Microsoft Excel (2016)

Software Microsoft Word Software AutoCad (2015)

Software Microsoft Word (2013)



AVISO:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.